

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra kybernetiky a biomedicínského  
inženýrství

Měření v automobilové technice  
Measurement in Automotive Technique

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Marcel Nečesaný**  
Studijní program: N2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 2601T004 Měřicí a řídicí technika  
Téma: **Měření v automobilové technice**  
**Measurement in Automotive Technique**

Zásady pro vypracování:

1. Přehled a kategorizace veličin spojených s provozem osobního automobilu nebo elektromobilu.
2. Způsob měření veličin spojených s provozem osobního automobilu a přehled metod a prostředků zpracování výsledků těchto měření.
3. Návrh koncepce monitoringu vybraných veličin spojených s provozem osobního automobilu nebo elektromobilu.
4. Realizace systému monitoringu, vizualizace, analýzy a archivace vybraných měřených veličin spojených s provozem osobního automobilu nebo elektromobilu.
5. Prezentace a zhodnocení dosažených výsledků a návrh dalšího postupu v této oblasti.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Robert Bosch GmbH: *CAN with Flexible Data-Rate*. Specification; Version 1.0; (released April 17th, 2012). Dostupné z: [http://www.semiconductors.bosch.de/media/pdf/canliteratur/can\\_fd\\_spec.pdf](http://www.semiconductors.bosch.de/media/pdf/canliteratur/can_fd_spec.pdf)
- [2] POLÁK, Karel. Sběrnice CAN. *Elektrorevue*[online]2003,21.[cit. 2011-04-05]. ISSN 1213-1539. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/03021/index.html>
- [3] LASKA, Zdeněk a kol. *Globální navigační satelitní systémy a jejich využití v praxi*. [online učební texty k semináři] 2010 [cit. 2010-12-15]. Dostupné z: [http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura\\_08\\_1009.pdf](http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_08_1009.pdf)
- [4] RAPANT, Petr. *Družicové polohové systémy*. 1.vyd. Ostrava:VŠB-TU Ostrava, 2002. 200 s. ISBN 80-248-0124-8. Dostupné také z: <http://gis.vsb.cz/dokumenty/dns-gps/view>
- [5] NATIONAL INSTRUMENTS. *Key Trends in Automotive Industry*. Dostupné z:

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jan Židek, CSc.**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013

doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

#### Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě ..... 6.5.2019

Podpis studenta



Prohlašuji, že

jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.

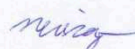
beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou/diplomovou práci užít (§35 ods. 3).

souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské/diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a údaje o bakalářské/diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě ..... 6.5.2019

Podpis studenta



## Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Janu Žídkovi, CSc. za poskytnutí veškerých hardwarových a softwarových prostředků a za jeho trpělivost a pochopení. Dále bych chtěl poděkovat mému kamarádovi Jakubovi Šamajovi za pomoc při řešení technických problémů. A v neposlední řadě také rodině za podporu ve studiu.

#### Abstrakt:

Cílem diplomové práce je analýza způsobu měření veličin spojených s provozem osobního automobilu a následně návrh koncepce a realizace systému pro jejich monitoring. Systém se skládá ze dvou částí. První část obsahuje senzory, které jsou součástí osobního automobilu. Druhá část obsahuje GPS modul, který udává polohu automobilu. Navrhnuté algoritmy je možné použít pro jakýkoliv osobní automobil, který obsahuje ODB II jednotku, dané senzory GPS modul. Algoritmus byl vytvořen v programovacím vývojovém prostředí LabVIEW od společnosti National Instruments za použití přídatného souboru příkazů Automotive Diagnostic Command set. Komunikaci, odesílání a přijímání dat s ODB II jednotkou automobilu zprostředkovává CAN/USB modul. Během vizualizace a ukládání je k relevantním datům přiřazena pozice pomocí GPS modulu.

#### Klíčová slova:

CAN/USB modul, Vizualizace, Automotive Diagnostic Command set, GPS modul, ODB II

Purpose of this master's thesis is to analyze how to measure variables associated with the operation of the car and then design concept and implementation of systems for their monitoring. The system consists of two parts. The first part includes sensors which are part of car. The second part consists of GPS module which indicates position of the car. Designed and implemented algorithms can be applied to any car which has OBD II, used sensors and GPS module. Algorithm was created in graphical development environment LabVIEW from National Instruments, using additional set of commands called Automotive Diagnostic Command set. Communication, sending and receiving data from OBD II unit of car mediates CAN/USB module. During visualization and storage of data there is a position assigned to relevant data using GPS module. During visualization and storage of data there is a position assigned to relevant data using GPS module.

#### Key words:

CAN/USB module, Visualization, Automotive Diagnostic Command set, GPS module, OBD II

## Seznam použitých symbolů a zkratek:

<i>CAN</i>	Controller Area Network – komunikační sběrnice
<i>PC</i>	Personal Computer - osobní počítač
<i>Software</i>	Programové vybavení, vykonávající nějakou činnost
<i>USB</i>	Universal Serial Bus - univerzální seriová sběrnice
<i>MBit/s</i>	Přenosová rychlost v megabitech za sekundu
<i>m</i>	Fyzikální jednotka metru
<i>GPS</i>	Global Positioning System - navigační systém
<i>MAC</i>	Medium Access Control - jádro protokolu CAN
<i>LLC</i>	Logical Link Control - podvrstva řízení datového spoje
<i>CRC</i>	Cyclic Redundancy Check - cyklická redundantní kontrola
<i>OBD</i>	On-Board Diagnostic - palubní diagnostika (v automobilu)
<i>DTC</i>	Diagnostic Trouble Code - diagnostický poruchový kód
<i>P</i>	Powertrain - hnací ústrojí
<i>B</i>	Body -tělo
<i>C</i>	Chassis
<i>U</i>	Network - síť
<i>ID</i>	Identification - Identifikace
<i>PID</i>	Personal Identification- osobní identifikační parametr
<i>ECU</i>	Engine Control Unit - řídící jednotka motoru
<i>TDMS</i>	Technical Data Management System - datový formát
<i>SAE</i>	Society of Automotive Engineers- standardizační organizace
<i>vi</i>	Virtual Instrument - název programů nebo subrutin
<i>ACC</i>	Active Clearance Control- ovládání teploty motoru
<i>ABS</i>	AntiBlockierSystem- proti blokovací systém
<i>ESP</i>	Electronic Stability Program - rozšíření ABS pro zlepšení stability vozidel
<i>RTR</i>	Remote Regest - rozlišení zprávy
<i>ESA</i>	European Space Agency - evropská kosmická agentura
<i>UTC</i>	Coordinated Universal Time - koordinační světový čas

## Obsah

1. Úvod.....	1
2. Způsob měření veličin spojených s provozem osobního automobilu .....	2
2.1 Snímače v motorových vozidlech .....	2
2.2 Přehled snímačů a veličin spojených s provozem osobního automobilu .....	3
2.3 OBD - On Board Diagnostic system .....	4
2.3.1 OBD-I.....	4
2.3.2 OBD-II .....	4
2.3.3 OBD-II diagnostický konektor.....	5
2.4 Sběrnice CAN úvod .....	7
2.4.1 Základní vlastnosti protokolu CAN .....	7
2.4.2 Fyzická vrstva protokolu CAN .....	8
2.4.3 Linková vrstva protokolu CAN.....	9
2.4.4 Řízení přístupu k médium .....	9
2.4.5 Základní typy zpráv.....	10
3. Global Positioning System – GPS .....	13
3.1 Úvod do GPS .....	13
3.1.1 Struktura systému GPS .....	13
3.1.2 Kosmický segment.....	13
3.1.3 Řídicí segment.....	14
3.1.4 Uživatelův segment .....	15
3.2 Galileo system.....	15
4. Sběr dat v automobilu.....	16
4.1 Použitý hardware.....	17
4.1.1 CAN modul .....	17
4.1.2 CAN Breakout box.....	19
5. GPS system .....	19
6. Návrh a koncepce monitoringu vybraných veličin spojených s provozem osobního automobilu.....	24
7. Realizace systému monitoringu, vizualizace a archivace vybraných naměřených dat spojených s provozem osobního automobilu.....	24
7.1 Automotive Diagnostic Command set .....	25
7.2 Softwarové řešení.....	27
7.2.1 Inicializace CAN modulu, ECU jednotky, nastavení CAN zprávy a dalších ADCS.....	28
7.2.2 Vyžádání podporovaných PID a zjištění typu OBD jednotky .....	31
7.2.3 Vytvoření nebo náhrada stávajícího TDMS souboru, inicializace GPS modulu .....	32
7.2.4 Sběr GPS dat a zobrazení .....	32

7.2.5 Sběr dat z automobilu a zobrazení .....	36
7.2.6 Sloučení GPS dat a dat z automobilu .....	39
7.2.7 Uložení dat .....	40
8. Testování algoritmu .....	41
9. Prezentace a zhodnocení dosažených výsledků .....	44
9.1 DIAdem .....	44
9.2 Prezentace a zhodnocení naměřených výsledků .....	45
9.3 Průběhy naměřených hodnot získaných s GPS modulu .....	48
10. Závěr .....	50



## 1. Úvod

Cílem diplomové práce je navrhnout a realizovat systém pro sběr a vizualizaci dat spojených s provozem osobního automobilu. Systém se skládá z jednotlivých senzorů, které jsou součástí osobního automobilu, GPS modulu.

V dnešní době se provoz osobního automobilu bez senzorů neobejde bez ohledu na to, jestli se jedná o klasický automobil nebo elektromobil. Je využita široká škála senzorů od akcelerometru až po senzory pro kontrolu kvality ovzduší. Tyto senzory a řídicí jednotky je třeba nějakým způsobem kontrolovat a to ne jenom vnitřním (palubním) počítačem automobilu, ale i zvenčí. K tomuto účelu byla primárně vyvinuta sběrnice CAN.

Pomocí CAN modulu jsou získávána data z jednotlivých senzorů v automobilu. Výsledná data jsou vizualizována a uložena k pozdější analýze. K těmto datům jsou také ukládána data s GPS modulu. Ke komunikaci s ECU automobilu je důležité znát její ID čísla. A to jak pro příjem dat, tak pro posílání dotazu, který je nutný pro umožnění komunikace jako celku. Jakmile jsou posílány správné ID kódy tak je možné posílat dotazy na jednotlivé senzory v automobilu. Motivace diplomové práce je vytvoření palubního systému (prostředek případné analýzy naměřených dat), který řidiči umožní analýzu jízdního stylu s cílem jeho optimalizace. Optimalizace může zejména u elektromobilů přispět k zvýšení dojezdu apod.

Výsledná data jsou zobrazena a uložena pomocí prostředků, které umožňuje vývojové prostředí LabVIEW. Analýza dat se pak provádí v prostředí DIAdem od společnosti National Instruments.

V první kapitole jsou popsány způsoby měření veličin spojených s provozem osobního automobilu. Dále následuje seznámení se snímači v motorových vozidlech a s veličinami spojenými s provozem osobního automobilu.

Po té je rozebrána palubní diagnostika. Jsou zde popsány standardy - jak zastaralý OBD I tak i dnes používaný OBD II, který se používá hlavně pro autodiagnostiku, nicméně je možné jej použít pro sběr a ukládání dat z jednotlivých senzorů v automobilu. Tato kapitola zahrnuje také popis diagnostického konektoru J1962.

Následuje rozbor problematiky sběrnice CAN. Jsou zde popsány jak základní vlastnosti, tak i jednotlivé vrstvy této sběrnice. Tato kapitola se také zabývá základními typy zpráv, které specifikuje protokol CAN.

Následně je ve třetí kapitole rozebrán princip a vlastnosti GPS systému a systému Galileo. Jsou zde vysvětleny jednotlivé části GPS systému, jako jsou kosmický segment, řídicí segment a uživatelský segment.

Problematika sběru dat v automobilu je rozebrána ve čtvrté kapitole. Konkrétně se jedná o popis použitého hardwaru, správných ID kódů jak pro ECU, tak pro jednotlivé senzory v automobilu.

Popis použitého GPS systému se nachází v páté kapitole. Je zde popsán použitý hardware. Systém využívá protokol NMEA 0183, tak že je použitelný pro jakýkoliv GPS modul, který na tomto protokolu pracuje. Kapitola se zabývá také celým softwarovým řešením od připojení modulu až po přepočty a zobrazení dat jako jsou zeměpisná šířka a délka, rychlost, směr, čas a elevace.

Návrh koncepce monitoringu vybraných veličin spojených s provozem osobního automobilu se diplomová práce věnuje kapitole šest.

Kapitola sedm se věnuje realizaci systému monitoringu, vizualizace a archivaci naměřených dat, včetně popisu Automotive Diagnostic Command setu a celkového softwarového řešení.

Testování algoritmu a popisu uživatelského rozhraní se věnuje kapitola osm.

Analýzou (v prostředí DIAdem) a prezentací naměřených dat s automobilu a GPS modulu se zabývá kapitola devět. Jsou zde zobrazeny grafy průběhů jednotlivých měřených veličin.

## **2. Způsob měření veličin spojených s provozem osobního automobilu a přehled metod a prostředků pro zpracování výsledů těchto měření**

### **2.1 Snímače v motorových vozidlech**

Snímače jsou smyslovými orgány vozidla pro dráhu, úhel, otáčky, rychlost, zrychlení, vibrace, tlak, průtok, koncentraci plynů a další veličiny. Jejich výstupní signály jsou nezbytné pro řízení různých systémů prořízení motoru, podvozku, bezpečnosti a komfortu. Snímače převádí neelektrické vstupní veličiny na elektrické signály, které jsou dále upraveny přizpůsobovacím obvodem. Tyto signály potom zpracovává řídicí jednotka. Regulaci dané veličiny zajišťuje regulátor prostřednictvím akčních členů, které jsou připojeny k řídicí jednotce.

Na snímače mohou působit rušivé veličiny, které nesouvisí s měřenou veličinou a které snižují přesnost měření (např. teplota okolí, kolísání napájecího napětí).

Přizpůsobovací obvod upravuje signál snímače do normovaného tvaru (analogové napětí 0-5 V, proudová smyčka 4-20 mA, digitální signál), aby jej bylo možné pokud možno bez zarušení přivést do řídicí jednotky. Tento obvod je často integrován do snímače a tvoří s ním jeden mechanický celek.

Hlavní požadavky na snímače jsou:

- Spolehlivost (robustní provedení, minimum rozebíratelných spojů)
- Nízká cena (daná velkými výrobními sériemi)
- Malé rozměry (miniaturizace elektrických obvodů)
- Vysoká přesnost (snížení výrobních tolerancí)

V současnosti se ke snímači s přizpůsobovacím obvodem přidává i A/D převodník a obvody pro úpravu signálu. Vzniká tak tzv. inteligentní snímač.

Digitalizovaný signál je odolnější proti zarušení, problémy s jeho přenosem bývají menší. Digitální signál se většinou přenáší v sériovém tvaru.

Paralelní přenos dat (např. 8 bitů) by vyžadoval velký počet vodičů a vyšší mechanickou složitost konektorů, čímž by se snížila spolehlivost.

Inteligentní snímač je možné navíc doplnit jednočipovým mikroprocesorem, který automaticky provádí korekci naměřené hodnoty (nastaví se při výrobě a uloží se do paměti PROM). Mikroprocesor může provádět výpočty měřené veličiny (např. určit minimální, střední nebo maximální hodnotu) a je schopen provádět jejich korekci s ohledem na stárnutí snímače. Pomocí výpočtů se dá zlepšit přesnost měření. Elektroniku integrovanou v místě měření vyžadují také

více snímačové struktury.

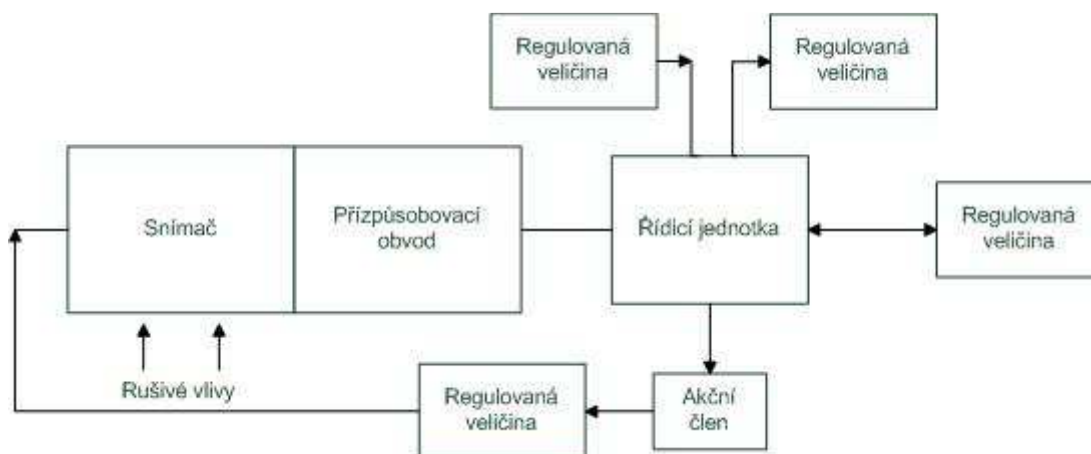
Výkonovými spínači a zesilovači jsou výstupní signály mikroprocesor (0 V... 5 V, několik mA) zesíleny na výkonovou úroveň, vyžadovanou akčními členy (napětí akumulátoru, několik A).

Řídící jednotka spolupracuje s větším počtem různých snímačů a s dalšími řídicími jednotkami.

Zároveň zajišťuje uspokojení potřeby informování řidiče o stavu regulačních procesů, případně o zápisu mimořádných událostí do paměti závad – diagnostická zásuvka.

Tato koncepce znamená rozdělení celkového elektrického systému vozidla do několika podsystémů přehledné velikosti. Jednotky, které jsou funkčně úzce propojeny (jednotky s velkou vzájemnou výměnou dat), jsou sdruženy do dílčí sítě. Přenos dat mezi jednotlivými řídicími jednotkami a „inteligentními“ snímači probíhá v sériovém tvaru (sběrnice CAN).

Všechny známé komunikační systémy vyvinuté pro motorová vozidla jsou logicky založeny na jediném sériovém propojení řídicích jednotek. Z fyzikálního pohledu lze toto propojení realizovat jako jednodrátové nebo diferenciální dvoudrátové rozhraní, které formou sběrnice vzájemně spojuje odpovídající řídicí jednotky (přenosová rychlost 10 kBit/s až 1 Mbit/s).[1]



Obr. 1. Zapojení snímačů ve vozidle (místo přizpůsobovacího obvodu může být připojen mikroprocesor plus A/D převodník)[1]

## 2.2 Přehled snímačů a veličin spojených s provozem osobního automobilu

Snímače obsažené v automobilu se mohou dělit na tři skupiny:

- První je skupina tvořená snímači spojenými s pohonem vozidla. Obsahuje tyto snímače: snímač tlaku (převodovka, vstřikování), snímač hmotnosti vzduchu, snímač klepání, tlaku okolního vzduchu, Lambda sonda, snímač otáček, tlaku v nádrži, pedálu akcelérátoru, brzd, snímač úhlu a polohy.
- Druhá skupina tvoří snímače starající se o bezpečnost. Tyto snímače jsou: radar odstupu vozidel (ACC, Precrash), snímač naklonění (pro nastavení světlometů, vysokotlaký snímač ESP), snímač točivého momentu (posilovač řízení), snímač úhlu natočení volantu (ESP),

snímač zrychlení, snímač rychlosti otáčení (ESP), snímač zrychlení (ABS), snímač naklonění (bezpečnostní systémy, snímač rychlosti otáčení snímání převrácení), snímač otáček (ABS).

- Třetí skupinu snímačů tvoří snímače komfortní. Mezi tyto snímače např. patří: snímač rychlosti otáčení (navigace), snímač kvality vzduchu (regulace klimatizace), snímač vlhkosti a teploty (regulace klimatizace a topení), snímač tlaku (centrální zamykání), deště (řízení stěračů), ultrazvukový snímač vzdálenosti (sledování zadního prostoru). [1]

## **2.3 OBD - On Board Diagnostic System**

On-Board Diagnostic nebo také OBD je termín, který referuje o autodiagnostice automobilu a schopnosti tyto data předat dál. OBD systémy poskytují majiteli vozidla nebo automechanikovi přístup k informacím od různých podsystémů automobilu. Množství poskytovaných informací přístupných pomocí OBD se mnohonásobně zvětšilo od prvního uvedení palubních počítačů v roce 1980, které umožnily vytvoření ODB systémů.

První ODB systémy uměly jen “rozsvítit” kontrolku poruchy a tak poukázat na výskyt chyby, nicméně nedokázaly říct, o jaký charakter chyby se jedná. Moderní OBD implementace využívají standardizované digitální komunikační porty k poskytování dat v reálném čase plus standardizované série diagnostických poruchových kódů, které umožňují velmi rychle najít problém a jeho řešení.[5]

### **2.3.1 OBD- I**

Záměrem vývoje OBD I bylo přinutit výrobce automobilů k návrhu spolehlivých systémů regulace emisí, které fungují správně po celý život vozidla. Hlavní myšlenka spočívala v dlouhodobém (třeba ročním) testování emisí automobilů a zamezení registrace automobilů, které těmito testy neprošly. Systém OBD I byl velmi neúspěšný jako prostředek pro kontrolu emisí automobilů, neboť diagnostické informace nebyly standardizovány. Technické problémy se získáváním standardizovaných a spolehlivých informací o emisích ze všech automobilů vedlo k znemožnění implementace testovacího systému. [5]

### **2.3.2 OBD – II**

OBD II je vylepšení standard ODB I. OBD II standard specifikuje typ diagnostického konektoru, jeho vývodů, dostupné elektrické signalizační protokoly a formát jednotlivých zpráv.

Tento standard také poskytuje seznam parametrů, které můžeme v automobilu sledovat spolu s kódováním dat pro každý sledovaný parametr.

Diagnostický konektor obsahuje pin, který poskytuje napájení (z akumulátoru automobilu) pro tester, který eliminuje potřebu připojit diagnostický přístroj k externímu zdroji energie. Nicméně někteří technici stejně připojují diagnostické zařízení k externímu zdroji kvůli ochraně dat v případě výpadku energie automobilu důsledkem poruchy (může dojít např. k poruše autobaterie).

ODB II standard poskytuje široký seznam diagnostických poruchových kódů (DTC). V důsledku této standardizace se může jedno zařízení dotazovat palubního počítače ve kterémkoliv automobilu. Systém OBD II byl vydán ve dvou verzích OBD II A, OBD II B.

Standard OBD II byl vyvinut kvůli požadavkům na emise, nicméně v dnešní době se využívá na kompletní diagnostiku automobilu. Diagnostické poruchové kódy jsou čtyřmístné. Každému kódu

předchází písmeno, které reprezentuje poruchovou část. Písmeno P označuje motor a převodovku, B je tělo C podvozek a U síť. [5]

Během normálního provozu sleduje palubní počítač automobilu více než 100 standardních parametrů (ID kódů). Každé vozidlo musí být schopno odesílat nebo přijímat tyto kódy přes jeho OBD-II. Tyto kódy obsahují informace od mnoha systémů obsažených v automobilu od stavu palivového systému přes rychlost vozidla dále pak informace od různých senzorů kyslíku apod. Pokud dojde k chybě v některém s těchto parametrů nebo pokud je hodnota mimo předdefinované pásmo rozsvítí se kontrolka na palubní desce.



*Obr. 2. Rozsvícena kontrolka poukazuje na chybu v motoru [ 4]*

Palubní počítač automobilu je schopen poslat všechny tyto diagnostické informace ve formě ID a chybových kódů přes OBD II konektor. Kromě standardních kódů jednotliví výrobci přidávají své vlastní chybové kódy pro monitorování různých aspektů, které nemají všechna auta stejné např. stav airbagů, systémy monitorující různé tlaky atd. Tyto ID kódy často nejsou podporovány všemi značkami automobilů a každý výrobce má svou vlastní sadu těchto speciálních kódů. V praxi existují různá zařízení pro čtení jednotlivých kódů.



*Obr. 3. Actron ruční skener pro čtení OBD II kódů [ 4]*

ODB II neslouží jen k diagnostice, existují i různé dataloggery, které ukládají informace o rychlosti vozidla, spotřebě paliva, pozici (obsahují GPS). Z těchto dat si je pak možné spočítat jakou rychlostí má člověk v daných úsecích jet, aby byla spotřeba co nejmenší. [ 4 ]



*Obr. 4. Bully Dog GT zařízení pro měření výkonu vozidla [ 4]*

### 2.3.3 OBD – II diagnostický konektor

OBD II specifikace poskytuje pro standardizovaný hardware rozhraní – 16 pinový (2x8) J1962 konektor. Na rozdíl od konektoru pro OBD I, který se někdy nacházel pod kapotou vozidla se OBD II konektor musí nacházet do 0,61m od volantu (v praxi je dovolena i výjimka, nicméně konektor musí být v dosahu řidiče).

1 – blank	9 – blank
2 – J180 bus	10 – J180 bus
3 – blank	11 – blank
4 – Chassis ground	12 – blank
5 – Signalground	13 – Signalground
6 – CanHigh	14 – CanLow
7 – ISO 9141-2 K Line	15 – ISO 9141-2 L Line
8 – blank	16 – Batterypower

*Tab. 1 Pinout OBD II konektoru*



*Obr. 5. OBD II konektor[14]*



*Obr. 6. Zásuvka pro připojení OBD II konektoru [ 4]*

## **2.4 Sběrnice CAN úvod**

Controller Area Network (CAN) je sériový komunikační protokol, který byl původně vyvinut firmou Bosch pro nasazení v automobilech. Vzhledem k tomu, že přední výrobci integrovaných obvodů implementovali podporu protokolu CAN do svých produktů, dochází ke stále častějšímu využívání tohoto protokolu i v různých průmyslových aplikacích. Důvodem je především nízká cena, snadné nasazení, spolehlivost, vysoká přenosová rychlost, snadná rozšiřitelnost a dostupnost potřebné součástkové základny.

V současné době má protokol CAN své pevné místo mezi ostatními sběrnicovými standardy a je definován normou ISO 11898. Ta popisuje fyzickou vrstvu protokolu a specifikaci CAN 2.0A. Později byla ještě vytvořena specifikace CAN 2.0B, která zavádí dva pojmy - standardní a rozšířený formát zprávy (lišící se v délce identifikátoru zprávy). Tyto dokumenty definují pouze fyzickou a linkovou vrstvu protokolu podle referenčního modelu ISO/OSI. Aplikační vrstva protokolu CAN je definována několika vzájemně nekompatibilními standardy.

Většina vozidel je vybavena celou řadou elektronických řídicích systémů. Růst elektroniky v automobilovém průmyslu je vyvolán jednak vzrůstajícími nároky uživatelů, tak také tlakem jednotlivých vlád na neustálé snižování spotřeby zdrojů a požadavky vyplývající ze snahy snížit vypouštěné emise do ovzduší.

Komplexnost využívaných funkcí implementovaných v těchto nejrozličnějších systémech si vynutila potřebu vzájemné komunikace mezi těmito systémy. V konvenčních systémech (dnes už tomu tak moc není) je pro každý přenášený signál vyhrazena jedinečná přenosová linka, což se ale pro velký počet přenášených signálů stává z finančního hlediska neúnosné. Navíc to přináší mnohé komplikace vyplývající z takto vysokého počtu vodičů určených pro přenos dat.

Veškeré jednotky, které mají potřebu komunikovat ať už mezi sebou, či s jednotlivými senzory zajišťujícími sběr informací jsou propojeny navzájem právě pomocí sběrnice CAN. Účelem použití této sběrnice v automobilovém průmyslu je zajištění komunikace mezi jednotlivými jednotkami tak, aby nedocházelo k velkému zatížení centrálního procesoru.

### 2.4.1 Základní vlastnosti protokolu CAN

CAN je sériový komunikační protokol umožňující distribuované řízení systémů v reálném čase s vysokou mírou zabezpečení proti chybám. Jedná se o protokol typu multi-master, kde každý uzel sběrnice může být master a řídit tak chování jiných uzlů. Není tedy nutné řídit celou síť z jednoho nadřazeného uzlu, což přináší zjednodušení řízení a zvyšuje spolehlivost (při poruše jednoho uzlu může zbytek sítě pracovat dál). Pro řízení přístupu k médium je použita sběrnice s náhodným přístupem, která řeší kolize na základě prioritního rozhodování. Po sběrnici probíhá komunikace mezi dvěma uzly pomocí zpráv (datová zpráva a žádost o data), a management sítě (signalizace chyb, pozastavení komunikace) je zajištěn pomocí dvou speciálních zpráv (chybové zprávy a zprávy o přetížení).

Zprávy vysílané po sběrnici protokolem CAN neobsahují žádnou informaci o cílovém uzlu, kterému jsou určeny, a jsou přijímány všemi ostatními uzly připojenými ke sběrnici. Každá zpráva je uvozena identifikátorem, který udává význam přenášené zprávy a její prioritu. Protokol CAN zajišťuje, aby zpráva s vyšší prioritou byla v případě kolize dvou zpráv doručena přednostně, a dále je možné na základě identifikátoru zajistit, aby uzel přijímal pouze ty zprávy, které se ho týkají.

Pro zajištění transparentnosti návrhu a flexibility implementace je sběrnice CAN rozdělena do čtyř rozdílných vrstev:

- CAN vrstvy objektů
- CAN transportní vrstvy
- Fyzické vrstvy
- Linková vrstva

Vrstva objektů a transportní vrstva zahrnuje veškeré služby a funkce poskytované v rámci linkové vrstvy, tak jak je definována modelem ISO/OSI. Vrstva objektů je odpovědná za :

- Nalezení zprávy, která má být vyslána
- Rozhodnutí, které přijaté zprávy od transportní vrstvy mají být použity
- Poskytování rozhraní aplikační vrstvě související s hardwarem

Úkoly transportní vrstvy spočívají v zajištění přenosu s minimalizací a signalizací chyb, kontroly naplnění přenosových rámců, provedení arbitrážní procedury mezi vysílačem a přijímačem dat, adresování koncových zařízení, řízení kolizních situací, zajištění bitové a rámcové synchronizace a další. Uvnitř transportní vrstvy je rozhodnuto, zda je sběrnice volná pro nový přenos dat či naopak jejich příjem. Také několik obecných vlastností týkajících se časování bitů je svěřeno transportní vrstvě. Je možné prohlásit, že vzhledem k povaze transportní vrstvy zde není žádný prostor pro její modifikaci ze strany uživatele.

Úkolem fyzické vrstvy je vlastní přenos jednotlivých bitů mezi jednotlivými uzly s respektováním všech elektrických vlastností. Uvnitř jedné sítě má fyzická vrstva stejné parametry pro všechny uzly, nicméně je možné zvolit si její parametry tak, aby co nejlépe vyhovovaly dané aplikaci.

### 2.4.2 Fyzická vrstva protokolu CAN

Protokol CAN definuje vlastní rozhraní k fyzickému přenosovému médiumu a v tomto směru se odlišuje od modelu ISO/OSI. Na druhé straně jsou vlastnosti fyzické vrstvy velkou předností protokolu CAN. Základním požadavkem na fyzické přenosové médium protokolu CAN je, aby realizovalo funkci logického součtu. Za účelem zvýšení rychlosti a odolnosti proti rušení je účelné, aby spoj byl symetrický. Standard protokolu CAN definuje dvě vzájemně komplementární hodnoty bitů na sběrnici

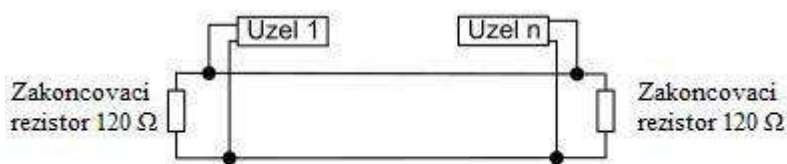


- dominant a recessive. Jedná se v podstatě o jakýsi zobecněný ekvivalent logických úrovní, jejichž hodnoty nejsou určeny a skutečná reprezentace záleží na konkrétní realizaci fyzické vrstvy.

Pravidla pro stav na sběrnici jsou jednoduchá a jednoznačná. Vysílají-li všechny uzly sběrnice recessive bit, pak na sběrnici je úroveň recessive. Vysílá-li alespoň jeden uzel dominant bit, je na sběrnici úroveň dominant. Příkladem může být optické vlákno, kde stavu dominant bude odpovídat stav svítí a recessive stav nesvítí.

Pro realizaci fyzického přenosového média se nejčastěji používá diferenciální sběrnice definovaná podle normy ISO 11898. Tato norma definuje jednak elektrické vlastnosti vysílače a přijímače tak zároveň principy časování, synchronizaci a kódování jednotlivých bitů. Sběrnici tvoří dva vodiče (označované CAN\_H a CAN\_L), kde dominant či recessive úroveň na sběrnici je definována rozdílovým napětím těchto dvou vodičů. Dle nominálních úrovní uvedených v normě je pro úroveň recessive velikost rozdílového napětí  $V_{diff} = 0\text{ V}$  a pro úroveň dominant  $V_{diff} = 2\text{ V}$  (platí pro stranu vysílače). Pro eliminaci odrazů na vedení je sběrnice na obou koncích přizpůsobena zakončovacími odpory o velikosti  $120\ \Omega$ . Jednotlivá zařízení jsou na sběrnici připojena pomocí konektorů, nejčastěji jsou používány konektory D-SUB.

Když je diferenční napětí menší než  $0,5\text{ V}$  tak jde o úroveň recessive a větší jak  $0,9\text{ V}$  je úroveň dominant



Obr. 7. Fyzické uspořádání sítě CAN podle ISO 11898 [2]

Ke sběrnici může být teoreticky připojen libovolný počet uzlů, ale prakticky s ohledem na zatížení sběrnice, je počet připojených uzlů podstatně nižší a uvádí se kolem 64 na segment. Rovněž přenosová rychlost  $1\text{ Mbit/s}$  je dosažitelná pouze na krátké vzdálenosti do  $40\text{ m}$  a se vzdáleností prudce klesá, takže na  $1,2\text{ km}$  činí asi  $70\text{ kbit/s}$ . Plyne to z původního poslání sběrnice CAN, která byla určena pro malé vzdálenosti v instalaci automobilů.

### 2.4.3 Linková vrstva protokolu CAN

Tak jako v modelu ISO/OSI i v protokolu CAN je linková vrstva rozdělena na podvrstvu LLC a MAC:

- MAC (Medium Access Control) reprezentuje jádro protokolu CAN. Úkolem je provádět kódování dat, vkládat doplňkové bity do komunikace (Stuffing/Destuffing), řídit přístup všech uzlů k médium s rozlišením priorit zpráv, detekce chyb a jejich hlášení a potvrzování správně přijatých zpráv.
- LLC (Logical Link Control) je podvrstva řízení datového spoje, což zde znamená filtrování přijatých zpráv (AcceptanceFiltering) a hlášení o přetížení (OverloadNotification).

## 2.4.4 Řízení přístupu k médiu

Vzhledem k tomu, že se jedná o síť typu multimaster, každý z účastníků může zahájit vysílání, jakmile je připraven a síť je v klidovém stavu (bus free). Kdo přijde první, ten vysílá. Ostatní mohou vysílat až poté, co je zpráva odvysílána. Výjimku tvoří chybové rámce, které se dají vysílat okamžitě po identifikaci chyby kterýmkoli účastníkem.

Zahájí-li vysílání současně několik uzlů, pak přístup na sběrnici získá ten, který přenáší zprávu s vyšší prioritou (nižším identifikátorem). Identifikátor je uveden na začátku zprávy. Každý vysílač porovnává hodnotu právě vysílaného bitu s hodnotou na sběrnici a zjistí-li, že na sběrnici je jiná hodnota než vysílá (jedinou možností je, že vysílač vysílá recessive bit a na sběrnici je úroveň dominant), okamžitě přeruší další vysílání. Tím je zajištěno, že zpráva s vyšší prioritou bude odeslána přednostně a že nedojde k jejímu poškození, což by mělo za následek opakování zprávy a zbytečné prodloužení doby potřebné k přenosu zprávy. Uzel, který nezískal při kolizi přístup na sběrnici, musí vyčkat, až bude sběrnice opět ve stavu Bus free, a pak zprávu vyslat znovu.

Protokol CAN se vyznačuje silným mechanismem zabezpečení přenášených dat. Současně působí tyto mechanismy:

- Monitoring
- CRC kód
- Vkládání bitu
- Kontrola zprávy
- Potvrzení přijaté zprávy

**Monitoring** znamená, že vysílač porovnává vysílanou hodnotu bitu s úrovní na sběrnici. Jsou-li obě hodnoty stejné, vysílač pokračuje ve vysílání. Pokud je na sběrnici detekována jiná úroveň než odpovídá vysílanému bitu, a probíhá-li právě řízení přístupu na sběrnici (vysílá se ArbitrationField), přeruší se vysílání a přístup k médiu získá uzel vysílající zprávu s vyšší prioritou. Pokud je rozdílnost vysílané a detekované úrovně zjištěna jinde než v ArbitrationField a v potvrzení přijetí zprávy (ACK Slot), je vygenerována chyba bitu.

**CRC kód** (CyclicRedundancyCheck) o délce 15ti bitů tvoří poslední pole vysílané zprávy. Proto se může generovat ze všech do té doby odvysílaných bitů zprávy podle polynomu:  $x^{15} + x^{14} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^4 + x^3 + 1$ . Je-li detekována chyba CRC libovolným uzlem na sběrnici, je vygenerována chyba CRC.

**Vkládání bitu** (bit stuffing): Vysílá-li se na sběrnici pět po sobě jdoucích bitů jedné úrovně, je do zprávy navíc vložen bit opačné úrovně. Toto opatření slouží jednak k detekci chyb ale také ke správnému časovému sesynchronizování přijímačů jednotlivých uzlů. Je-li detekována chyba vládání bitů, je vygenerována chyba vkládání bitů.

**Kontrola zprávy** (messageframecheck): Zpráva se kontroluje podle formátu udaného ve specifikaci, a pokud je na nějaké pozici bitu zprávy detekována nepovolená hodnota, je vygenerována chyba rámce (formátu zprávy).

**Potvrzení přijetí zprávy** (acknowledge): Každé zařízení, připojené ke sběrnici musí správně přijatou zprávu potvrdit. Činí tak změnou bitu v poli ACK (1 bit) z recessive - vysílané vysílačem na dominant. To platí i pro ta zařízení, která mají zapnuto filtrování a tedy zprávu nepřijímají.

## 2.4.5 Základní typy zpráv

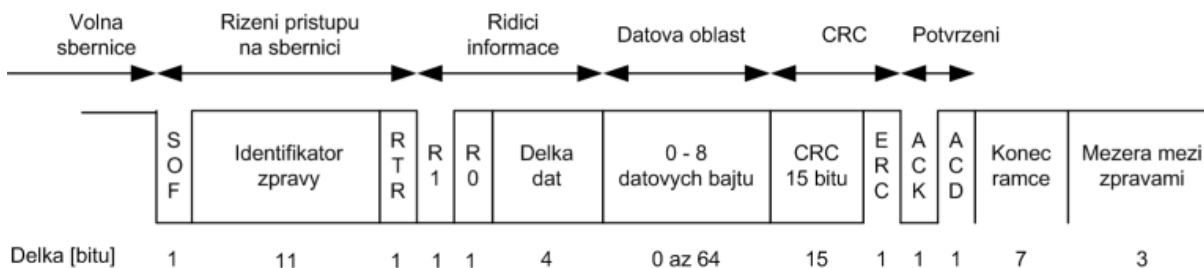
Specifikace protokolu CAN definuje čtyři typy zpráv:

- Datová zpráva
- Žádost o data
- Zpráva o chybě
- Zpráva o přetížení

### Datová zpráva (Data Frame)

Protokol CAN používá dva typy datových zpráv. První typ je definován specifikací 2.0A a je v literatuře označován jako standardní formát zprávy (Standard Frame), zatímco specifikace 2.0B definuje navíc tzv. rozšířený formát zprávy (ExtendedFrame). Jediný podstatný rozdíl mezi oběma formáty je v délce identifikátoru zprávy, která je 11 bitů pro standardní formát a 29 bitů pro rozšířený formát. Oba dva typy zpráv mohou být používány na jedné sběrnici, pokud je použitým řadičem podporován protokol 2.0B.

Vyslání datové zprávy je možné pouze tehdy, je-li sběrnice volná (stav Bus Free). Jakmile uzel, který má připravenou zprávu k vyslání, detekuje volnou sběrnici, začíná vysílat. Zda získá přístup na sběrnici či nikoliv, záleží na již popsaném mechanismu řízení přístupu k médiu. Strukturu datové zprávy podle specifikace 2.0A ilustruje následující obrázek.



Obr. 8. Datová zpráva podle specifikace CAN 2.0A [2]

- Začátek zprávy (1b) SOF - Start ofFrame
- Řízení přístupu ke sběrnici a identifikátor zprávy (ArbitrationField), (11b), určuje prioritu zprávy a význam přenášené zprávy
- RTR (RemoteRequest) - (1b), slouží k rozlišení zprávy, zda jde o datovouzprávu (dominant) nebo žádost o přístup ke sběrnici (recessive)
- řídicí pole (ControlField), R0 a R1 celkem 2b, rezervováno
- délka datové zprávy (4b)
- datová oblast (Data Field) - max. 8b dat
- CRC - zabezpečovací kód (15b)
- ERC - (1b) dominant, CRC oddělovač

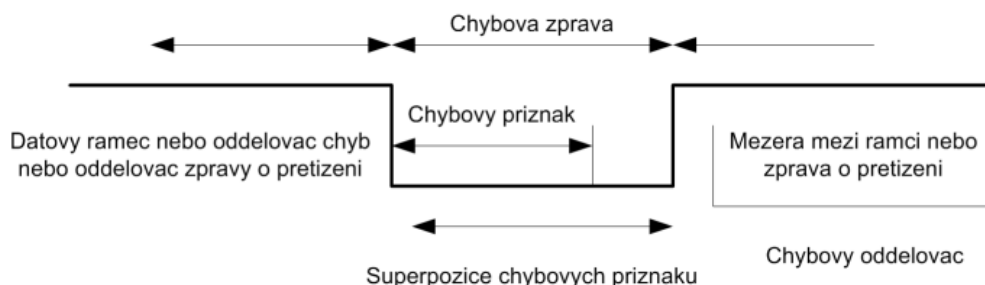
- potvrzení ACK - (2b), z toho 1b (ACK), 1b oddělovač (ACD) - recessive
- konec zprávy (End ofFrame) - (7b) recessive
- mezera mezi zprávami (InterframeSpace) - (3b) recessive

### Žádost o data (RemoteFrame)

Formát žádosti o data je podobný jako formát datové zprávy. Pouze je zde RTR bit (pole řízení přístupu na sběrnici) nastaven do úrovně recessive a chybí datová oblast. Pokud nějaký uzel žádá o zaslání dat, nastaví takový identifikátor zprávy, jako má datová zpráva, jejíž zaslání požaduje. Tím je zajištěno, že pokud ve stejném okamžiku jeden uzel žádá o zaslání dat a jiný data se stejným identifikátorem vysílá, přednost v přístupu na sběrnici získá uzel vysílající datovou zprávu, neboť úroveň RTR bitu datové zprávy je dominant a tudíž má tato zpráva vyšší prioritu.

### Zpráva o chybě (ErrorFrame)

Chybová zpráva slouží k signalizaci chyb na sběrnici CAN. Jakmile libovolný uzel na sběrnici detekuje v přenášené zprávě chybu (chyba bitu, chyba CRC, chyba vkládání bitů, chyba rámce), vygeneruje ihned na sběrnici chybový rámec. Podle toho, v jakém stavu pro hlášení chyb se uzel, který zjistil chybu, právě nachází, generuje na sběrnici buď aktivní (šest bitů dominant) nebo pasivní (šest bitů recessive) příznak chyby. Při generování aktivního příznaku chyby je přenášená zpráva poškozena (vzhledem k porušení pravidla na vkládání bitů), a tedy i ostatní uzly začnou vysílat chybové zprávy. Hlášení chyb je pak indikováno superpozicí všech chybových příznaků, které vysílají jednotlivé uzly. Délka tohoto úseku může být minimálně 6 a maximálně 12 bitů.

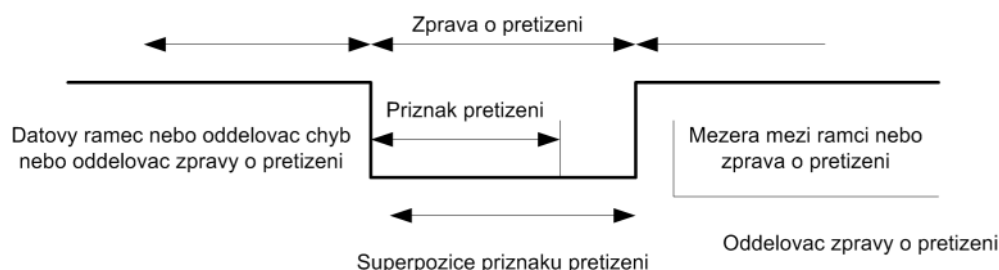


Obr. 9. Zpráva o chybě protokolu CAN [2]

Po vyslání chybového příznaku vysílá každá stanice na sběrnici bity recessive. Zároveň detekuje stav sběrnice, a jakmile najde první bit na sběrnici ve stavu recessive, vysílá se dalších sedm bitů recessive, které plní funkci oddělovače chyb (ukončení chybové zprávy).

### Zpráva o přetížení (OverloadFrame)

Zpráva o přetížení slouží k oddálení vyslání další datové zprávy nebo žádosti o data. Zpravidla tento způsob využívají zařízení, která nejsou schopna kvůli svému vytížení přijímat a zpracovávat další zprávy. Struktura zprávy je podobná zprávě o chybě, ale její vysílání může být zahájeno po konci zprávy (End ofFrame), oddělovače chyb nebo předcházejícího oddělovače zpráv přetížení.



Obr. 10. Zpráva o přetížení [2]

Jedná se o velmi dobře navrženou sběrnici, která je díky poskytovaným vlastnostem hojně používána, a to nejen v automobilovém průmyslu, pro který byla původně navržena.[2]

### 3. Global Positioning System – GPS

#### 3.1 Úvod do GPS

I když má dnes systém GPS rozsáhlé civilní využití, je to původem primárně vojenský systém, který byl vyvinut a je dodnes spravován ministerstvem obrany USA.

Počet civilních systémů GPS lze odhadnout na desítky miliónů. Důvody toho zájmu jsou:

- Relativně vysoká polohová přesnost od desítek metrů až po milimetry
- Schopnost určovat i rychlost a čas s přesností odpovídající polohové
- Dostupnost signálů kdekoli na Zemi: na povrchu, na moři, ve vzduchu i v blízkém kosmickém prostoru
- Standardní polohová služba GPS systému je civilním uživatelům dostupná bez omezení, bez jakýchkoliv poplatků a její nejběžnější využívání je možné i při použití relativně levného zařízení
- Je to systém pracující za každého počasí a dostupný 24 hodin denně
- Polohu je možné určovat v třírozměrném prostoru

Globální polohový systém byl navržen tak, aby umožňoval všem odpovídajícím způsobem vybaveným uživatelům vysoce přesné určování třírozměrné polohy a rychlosti pohybu a dále získávání přesného časového signálu.

##### 3.1.1 Struktura systému GPS

Systém GPS je tvořen třemi základními segmenty:

- Kosmickým
- Řídicím
- Uživatelským

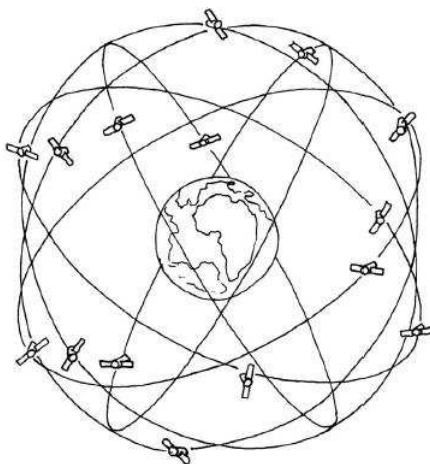
Ačkoliv pro správnou funkci systému GPS jsou potřebné všechny tři segmenty, lze je do jisté míry považovat za nezávislé části, které jsou dohromady svázané jen přesným časem. Přesný čas je základním stavebním kamenem celého systému.

### 3.1.2 Kosmický segment

Kosmický segment je tvořen soustavou družic, rozmístěných systematicky na oběžných drahách a vysílajících navigační signály.

Plná konstelace kosmického segmentu systému GPS sestává z 24 družic – 21 navigačních a tří aktivních záložních družic. Kromě toho by měly být další čtyři záložní družice připravené v pohotovosti na Zemi tak, aby je bylo možné umístit na oběžné dráhy a uvést do plného provozu do 48 hodin.

Oběžné dráhy mají stálou polohu vůči Zemi. Oběžná doba družic je přibližně 23 hodin. Konstelace je tvořena šesti oběžnými drahami se čtyřmi družicemi na každé z nich a sklon oběžné dráhy je okolo 55 stupňů vzhledem k rovníku. Toto uspořádání garantuje, že na kterémkoliv místě na Zemi jsou trvale dostupné signály z minimálně čtyř družic po celých 24 hodin. Ve většině případů je však viditelných více družic, v ideálním případě 12. Díky kruhové oběžné dráze a relativně velké oběžné výšce je systém dlouhodobě stabilní a případné změny oběžných drah se dobře modelují, na rozdíl od družic umístěných na nízkých oběžných drahách.



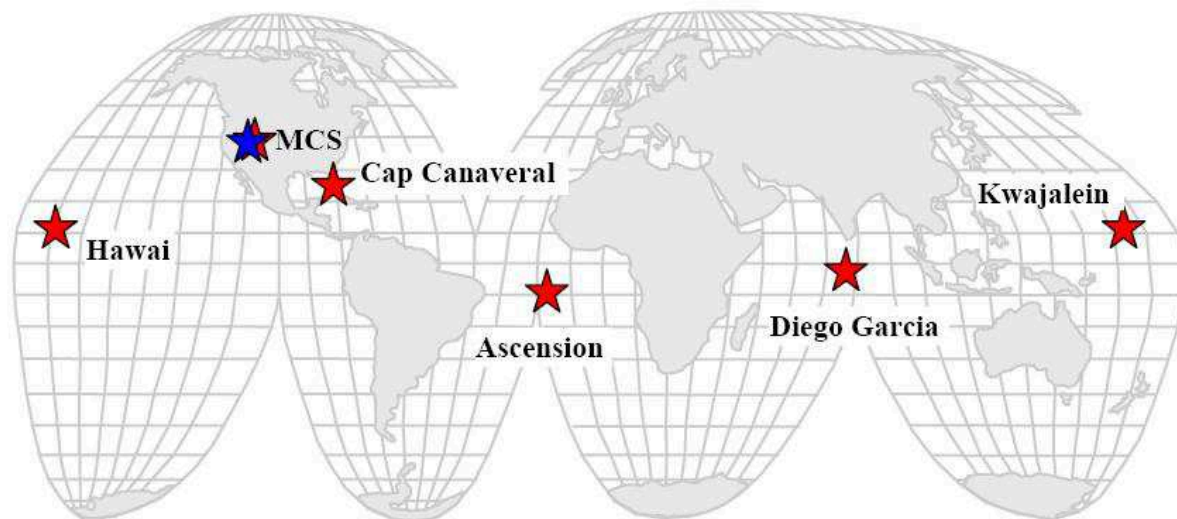
*Obr. 11. Kosmický segment systému GPS [ 3 ]*

Družice systému GPS se prakticky vyskytují v nadhlavníku pouze v pásu mezi přibližně 60 stupni severní a jižní šířky. Pokud se pohybujeme dále směrem k pólům, jsou družice systému GPS stále dostupné, ale postupně se zhoršuje jejich geometrie.

### 3.1.3 Řídicí segment

Řídicí segment je zodpovědný za řízení celého globálního polohového systému. Z uživatelského hlediska je jeho hlavním úkolem aktualizovat údaje obsažené v navigačních zprávách vysílaných jednotlivými družicemi kosmického segmentu. Řídicí segment je tvořen soustavou pěti pozemních monitorovacích stanic umístěných na velkých vojenských základnách americké armády (Hawaj, Kwajalein, Diego García, Ascension a Colorado Springs). V Coloradu na letecké základně

Schriver nacházející se v Colorado Springs je umístěna i hlavní řídicí stanice. Kromě toho řídicí segment zahrnuje ještě tři stanice pro komunikaci s družicemi, které jsou umístěné na vojenských základnách Kwajalein, Diego García a Ascension a které umožňují vysílat na družice údaje o jejich oběžných drahách, nastavovat hodiny, aktualizovat navigační zprávy a které umožňují také ovládání družic. Každá družice může obdržet aktualizované údaje i několikrát denně.



Obr. 12. Mapa rozmištění stanic řídicího segmentu systému GPS [ 3 ]

Pozemní monitorovací stanice jsou bezobslužné, jsou řízené dálkově z hlavní řídicí stanice. V podstatě se jedná o velice přesné GPS přijímače, doplněné o vlastní atomové hodiny. Tyto přijímače jsou schopné sledovat všechny aktuálně viditelné družice (až 11 družic současně). Veškerá prováděná měření jsou dvou frekvenční.

Tyto stanice neprovádějí prakticky žádné zpracování přijatých dat, pouze určují prosté zdánlivé vzdálenosti k družicím a ty spolu s přijatými navigačními zprávami přenášejí do hlavní stanice. Zde jsou na základě přijatých výsledků měření vypočítány přesné údaje oběžných drah (tzv. efemeridy) a korekce atomových hodin pro jednotlivé družice a přeneseny na stanice pro komunikaci s družicemi, které minimálně jednou denně vysílají efemeridy a údaje o nastavení hodiny na jednotlivé družice. Tyto družice pak vysílají prostřednictvím rádiových signálů efemeridy svých oběžných drah a přesný čas do GPS přijímačů. Přesnost určení oběžných drah družic na hlavní řídicí stanici se pohybuje kolem 1,5 metru.

### 3.1.4 Uživatelský segment

Uživatelský segment se skládá z GPS přijímačů, uživatelů a vyhodnocovacích nástrojů a postupů. GPS přijímače provedou na základě přijatých signálů z družic předběžné výpočty polohy, rychlosti času. Pro výpočet všech čtyř souřadnic (x,y,z,t) je zapotřebí přijímat signály alespoň ze čtyř družic. Tyto přijímače jsou používány pro navigaci, určování polohy, měřičství, určování přesného času ale i pro jiné účely:

- Navigace v třírozměrném prostoru je základní úlohou GPS. Navigační přijímače jsou vyrobeny pro letadla, lodě pozemní vozidla, pro kosmická tělesa a také v ručním provedení.
- Přesné určování polohy je možné při použití referenčních přijímačů umístěných na místech o známé poloze, které pak umožňují získat korekce pro opravu výpočtů s mobilních stanic. Příkladem užití pak mohou být měřičské

práce, vytyčování geodetických sítí, měření spojená s tektonikou litosférických desek apod.

- Dalším možným použitím GPS je poskytování přesného časového signálu a případně i kmitočtového standardu. Speciální k tomuto účelu vyvinuté GPS přijímače pak umožňují pro potřeby atmosférických observatoří, telekomunikačních zařízení a laboratoří všeho druhu nastavit přesný čas a případně i přesnou frekvenci.[ 3]

### 3.2 Galileo systém

Galileo je globální družicový navigační systém, který je v současné době stavěn Evropskou unií (EU) a Evropskou kosmickou agenturou (ESA).

Cílem toho projektu (cena 5 miliard euro) je vytvořit vysoce přesný systém pro určování polohy na, který se můžou evropské národy spolehnout a používat ho tak nezávisle na ruském systému GLONASS, americkém GPS, čínském Compass systém, které mohou být v případě války nebo konfliktu těmito národy vypnuty.

Při provozu bude používat dvě operační střediska jedno blízko Mnichova Německo a Fucino Itálie. V prosinci 2010 byla zvolena Praha jako sídlo projektu Galileo.

Dne 21. října 2011 byly první dvě ze čtyř operačních družic vypuštěny pro potvrzení systému. Další dvě následovaly dne 12. října 2012, což umožnilo otestovat celý systém. Jakmile byla tato validace na oběžné dráze (IOV) dokončena, další satelity budou vypuštěny pro dosažení počáteční operační schopnosti (IOC), zhruba v polovině desetiletí. Kompletní dokončení 30 satelitního systému Galileo (27 provozní a tři aktivní náhradní) se očekává v roce 2019.

Základní navigační služby budou zdarma. Galileo je určen pro vodorovné a svislé měření polohy v přesnosti jednoho metru a také lepší lokalizační služby ve vysokých šířkách než u jiných navigačních systémů. Jako další funkce, bude Galileo poskytovat jedinečnou globální pátrací a záchranné (SAR) funkce. Satelity budou vybaveny transpondérem, který přepośle tísňové signály z uživatelského vysílače na záchranu do koordinačního centra, které pak zahájí záchrannou operaci. Ve stejné době, bude systém poskytovat signál pro uživatele, že jeho situace byla zjištěna a pomoc je na cestě.

Tato druhá vlastnost je nová a je považován za významný upgrade oproti stávající GPS a GLONASS navigační systémy, které neposkytují zpětnou vazbu pro uživatele. Použití základních služeb (nižší přesnost) programu Galileo bude zdarma a všem přístupná. Vysoce přesné možnosti budou k dispozici po zaplacení komerčním uživatelům a pro vojenské použití. [13]

### 4. Sběr dat v automobilu

K získávání dat z jednotlivých senzorů v automobilu je první řadě nutno znát ID čísla ECU. ECU je řídicí jednotka motoru automobilu, která umožňuje přístup ke konkrétním senzorům. Pro správnou komunikaci je potřeba znát dva parametry (dvě ID čísla). První parametr je tzv. transmit ID což je číslo reprezentující diagnostický požadavek od uživatele k ECU. Dalším parametrem je tzv. receive ID- toto číslo reprezentuje odezvu od ECU jednotky k uživateli. Standardním Transmit ID je číslo



v hexadecimálním formátu 7DF. Receive ID se mohou lišit typ od typu vozidla. Rozmezí receive ID čísel je od 7E8 až 7EF. Pro většinu (neplatí u každého automobilu) motorových vozidel platí ID 7E8. Pro hybridy apod. platí kódy od 7E9 a výše.

Pro sběr dat s jednotlivých senzorů je nutné znát PID konkrétního senzoru. SAE standard definuje mnoho PID kódů. Nicméně jednotliví výrobci automobilů si vyhrazují právo na to používat své vlastní PID kódy, tzn., že PID definované v SAE nemusí fungovat pro každý automobil.

Tabulka níže ukazuje některé ze standardních PID, jejich parametry jako je minimální a maximální hodnota jednotky atd. Přepočty vrácených hodnot na srozumitelná čísla jsou uvedeny u konkrétních příkladů algoritmu řešení. Mód 01 znamená, že PID vrací aktuální informaci ze senzoru. Mód 2 poskytuje přehled o stejných údajích získaných v okamžiku, kdy byl stanoven poslední diagnostický poruchový kód.

Mód (Hex)	PID (Hex)	Popis	Min. hodnota	Max. hodnota	Jednotky
01	0D	Rychlost vozidla	0	255	km/h
01	0C	Otáčky motoru	0	16,383	Rpm
01	05	Teplota chladicí kapaliny motoru	-40	215	°C
01	45	Poloha škrticí klapky	0	100	%
01	2F	Množství paliva	0	100	%
01	1F	Čas od startu motoru	0	65535	s
01	1C	ODB standard	-	-	-

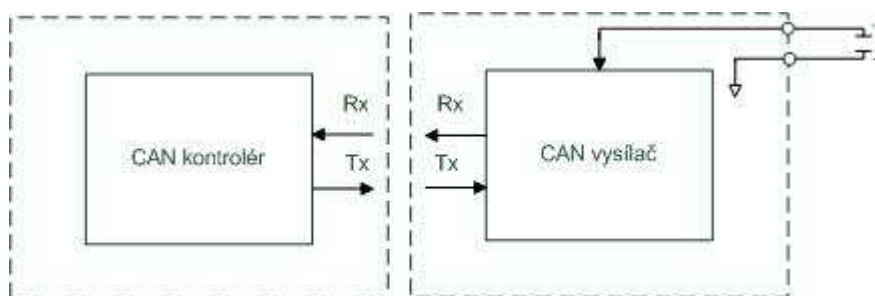
*Tab. 3. Informace o některých PID automobilu*

## 4.1 Použitý hardware

### 4.1.1 CAN modul

Zprostředkovává funkci propojení automobilu a počítače. CAN modul přepoše všechny zprávy z automobilu do počítače pro další zpracování, nicméně komunikace je oboustranná tzn., že z počítače je možné posílat dotazy na jednotlivé senzory nebo ECU automobilu.

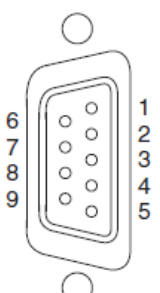
V případě řešené diplomové práce tomto byl vybrán modul NI 9862 od společnosti National Instruments. Modul je primárně určen pro CompactRIO proto bylo nutné zakoupit USB chassis NI 9171, která umožňuje komunikaci modulu s počítačem. Jedná se o jedno portový vysokorychlostní modul využívající platformu NI-XNET. Modul se skládá ze dvou částí, v první části se nachází CAN kontrolér. Druhá část obsahuje CAN vysílač, který je nutno externě napájet. Obě části jsou od sebe galvanicky odděleny viz. Obr 14. Základní parametry modulu jsou uvedeny v tabulce číslo 4.[ 6 ]



Obr. 13. Vnitřní uspořádání CAN modulu[7 ]

Podpora RT	Ano
Provozní napětí kontroléru	5VDC
Provozní proud kontroléru	125mA
Zdroj pro vysílač	externí, 12VDC
Počet portů	1
Maximální rychlost	1Mbit/s
Minimální rychlost	40kbit/s
I/O konektor	9pin D-Sub

Tab. 4. Základní parametry CAN modulu [6 ]

Connector	Pin	Signal
	1	No Connection (NC)
	2	CAN_L
	3	COM
	4	NC
	5	SHLD
	6	COM
	7	CAN_H
	8	NC
	9	V <sub>SUP</sub>

Obr. 14. Pinout výstupního konektoru CAN modulu [7]



Obr. 15. CAN modul NI 9862 [6 ]

#### 4.1.2 CAN Breakout box

CAN Breakout box je 14 portové zařízení, které slouží jak k rozvodu více CAN zařízení na modul tak i pro jeho napájení. Box obsahuje 7 D-Sub portů a 7 CombiCon pěti pinových vyjímatelných svorkovnic pro připojení zařízení pomocí NI CAN kabelů, nebo přímo kabelových svazků. Na boxu je také umístěn přepínač pro otevřenou komunikaci, terminaci buď 120Ω nebo 60Ω rezistorem. Pro napájení boxu je použit doporučený zdroj o 12VDC/1A. [8]



Obr. 16. CAN Breakout box [8 ]

## 5. GPS systém

Účel GPS přijímače je získání informací o poloze, rychlosti a směru vozidla. Systém byl navrhnut tak aby nepracoval přímo s konkrétním GPS modulem, ale se všemi moduly pracující na principu protokolu NMEA 0183.

NMEA 0183 je standard používaný při komunikaci mezi námořními elektronickými zařízeními typu echolokátor, gyrokompas, autopilot přijímače GPS signálu atd. Standard NMEA je definovaný a spravovaný neziskovou organizací National Marine Electronics Association v roce 1983. Poslední aktualizace byla provedena v roce 2008/11 a je označena číslem 4.10.

Standard NMEA 0183 používá jednoduchý sériový komunikační protokol, který definuje, jak jsou v čase předávány data od vysílače k přijímači ve tvaru rámce (správy). Na fyzické vrstvě bývá nejčastěji použito rozhraní RS-232, RS-422. S postupným průnikem do informačních technologií se začalo používat rozhraní USB nebo bezdrátové Bluetooth.

Aplikační vrstva pak definuje pravidla pro sestavení rámce.

Požadavky na data:

- Každý rámec začíná symbolem, '\$'
- Další dva znaky udávají adresu přístroje žádajícího (GPS)
- Dva následující znaky udávají adresu žádaného přístroje
- Následuje znak Q - QUERY
- Další tři znaky oddělené čárkou definují typ požadovaných dat
- Konec rámce tvoří znaky <CR><LF>

Příklad zprávy: \$CCGPQ,GGA<CR><LF>

Odpověď:

- Každý rámec začíná symbolem, '\$'
- Další dva znaky udávají typ přístroje - vysílače
- Následující tři znaky určují obsah dat
- Po posledním znaku údajů následuje znak \* -asterisk
- Za asteriskem je kontrolní součet v hexadecimálním tvaru
- Konec rámce tvoří znaky <CR><LF>

Příklad zprávy: \$GPAAM,A,A,0.10,N,WPTNME\*32<CR><LF>

Odpověď může obsahovat maximálně 80 znaků mezi prvním '\$' a <CR><LF>. Operace kontrolního součtu je tvořena logickou funkcí XOR. Zahrnuje všechny znaky za '\$' a před '\*'. GPS zařízení může pracovat buď v pasivním, nebo aktivním režimu. V pasivním režimu je nutné data vyžádat pomocí QUERY správy. V aktivním režimu se správy odesílají automaticky.[12]

V rámci řešené diplomové práce byl zvolen USB GPS modul BU-353 od společnosti Globalsat Technology Corporation. Jedná se o kompaktní, levný a jednoduše ovládatelný modul.



*Obr. 17. USB GPS modul BU-353[9]*

<b>Electrical Characteristics (Receiver)</b>		
Chipset	SIRF Star III	
Frequency	L1, 1575.42 MHz	
C/A Code	1.023 MHz chip rate	
Channels	20 channel all-in-view tracking	
Sensitivity	-159 dBm	
<b>Accuracy</b>		
Position Horizontal	10m 2D RMS (SA off)	
Velocity	0.1m/sec	
Time	1 micro-second synchronized to GPS time	
WAAS enabled	5m 2D RMS	
<b>Datum</b>		
Datum	WGS-84	
<b>Acquisition Rate</b>		
Hot start	1 sec., average (with ephemeris and almanac valid)	
Warm start	38 sec., average (with almanac but not ephemeris)	
Cold start	42 sec., average (neither almanac nor ephemeris)	
Reacquisition	0.1 sec. average (interruption recovery time)	
<b>Protocol</b>		
GPS Protocol	Default: NMEA 0183	
GPS Output Data	SiRF binary >> position, velocity, altitude, status and control ; NMEA 0183 protocol.supports command: GGA, GSA, GSV, RMC, VTG, GLL (VTG and GLL are optional)	
GPS transfer rate	Software command setting (Default : 4800,n,8,1 for NMEA )	
<b>Dynamic Condition</b>		
Acceleration Limit	Less than 4g	
Altitude Limit	18,000 meters (60,000 feet) max.	
Velocity Limit	515 meters/sec. (1,000 knots) max.	
Jerk Limit	20 m/sec**3	
<b>Temperature</b>		
Operating	-40°~ 85°C	
Storage	-40°~ 85°C	
Humidity	Up to 95% non-condensing	
<b>Power</b>		
Voltage	4.5V ~ 6.5V	
Current	80mA typical	
<b>Physical Characteristics</b>		
Dimension	53mm diameter , 19.2mm height	
USB Cable Length	65"	

*Obr. 18. Technické parametry GPS modul BU-353[10]*

GPS zařízení mají definovaných 9 různých druhů správ. GPS přijímač BU -353 podporuje sedm z nich: GGA, GLL, GSA, GSV, RMC, VTG, MSS. Pro moji aplikaci jsou nutné pouze údaje o třírozměrné pozici, rychlosti a směru vzhledem k zemskému povrchu. Pro tyto údaje byla použita zpráva RMC (Recommended Minimum Sentence).[10]

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPRMC		RMC protocol header
UTC position	161229.487		hh mm ss.sss
Status	A		A -data valid V- data not valid
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N = north S = south
Longitude	12158.3416		ddd.mm.mmm
E/W Indicator	W		E = east W = west
Speed Over Ground	0.13	knots	
Course Over Ground	309.62	degrees	True
Data	120598		dd mm yy
Magnetic Variation 1	02.6	degrees	
Check Sum	*10		

*Tab. 5. Parametry zprávy \$GPRMC[11]*

Příklad zprávy: \$GPRMC, 161229.487,A, 3723.2475,N,12158.3416,W,0.13,309.62,120598, ,\*10

Z RMC zprávy budu získávat informace:

- Zeměpisná šířka - Latitude
- Zeměpisná délka - Longitude
- Rychlost - Speed OverGround
- Směr - CourseOverGround
- Čas - UTC position
- Status

Z této zprávy se bude získávat zeměpisná šířka, délka, rychlost, UTC čas a status.

Zpráva RMC neobsahuje údaje o elevaci (výšce), proto je nutné použít ještě jednu zprávu a to na příklad GGA(Global Positioning System Fix Data).

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPGGA		GGA protocol header
UTC position	161229.487		hh mm ss.sss
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N = north S = south
Longitude	12158.3416		ddd.mm.mmm
E/W Indicator	W		E = east W = west
Position Fix Indicator	1		Fix no available or invalid (0) Fix valid (1)
Satellites Used	07		Range 0 to 12
HDOP	1.0		Horizontal Dilution of Precision
MLS Altitude	9.0	meters	
Geoid Separation		meters	
Age of Diff. Corr.		second	Null fields when DGPS is no used
Diff. Ref. Station ID	0000		
Checksum	*18		
<CR><LF>			End of message termination

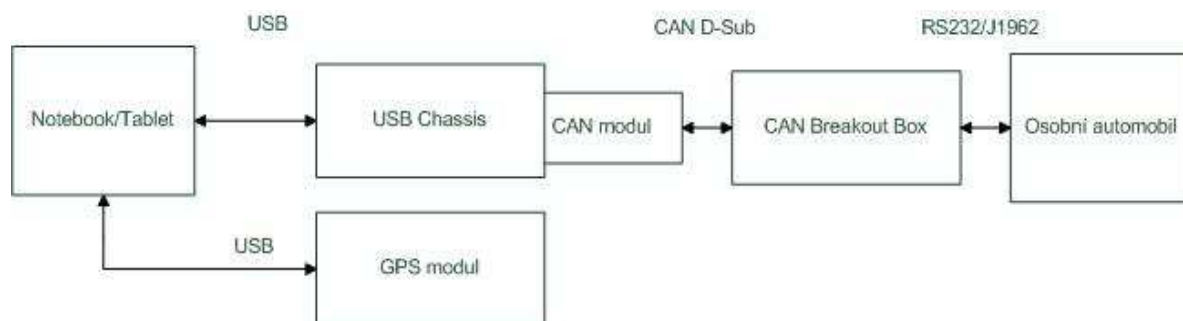
*Tab. 6. Parametry zprávy \$GPGGA[11]*

\$GPGGA,161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1.0,9.0,M, , , ,0000\*18

Z GGA zprávy budu získávat pouze informace o elevaci (výšce), ostatní data budou zahazována, protože jsou získána z předchozí zprávy.



## 6. Návrh koncepce monitoringu, vybraných veličin spojených s provozem osobního automobilu



Obr. 19. Blokové schéma systému pro sběr dat s automobilu a GPS modulu

Na vstupu CAN modulu je 15 pinový konektor, tak že je nutné ho připojit k chassis, které zprostředkovává USB komunikaci s počítačem. Napájení pro samotný modul z USB portu není dostačující. CAN kontrolér je galvanicky oddělen od CAN vysílače. Ten potřebuje externí napájení, proto je modul propojen s CAN Breakout boxem, který řeší tento problém. Následně je CAN Breakout box propojen s automobilem pomocí RS232/J1962 kabelu. Současně je s notebookem také propojen GPS modul

Ke komunikaci s ECU automobilu je nutné odeslat správné ID. Po odeslání ID jsou vyžádány podporované PID jednotlivých senzorů v automobilu. Podporované PID jsou vráceny ve formě pole. S pole se po té provádí výběr kódů ke konkrétním senzorům. Pokud není PID kód nulový tak se provede dotaz na konkrétní senzor. Vracené hodnoty jsou přepočteny na reálné číslo. Toto číslo je zobrazeno a uloženo do TDMS souboru pro pozdější analýzu.

Souběžně s těmito operacemi jsou sbírána data s GPS modulu zde, je také nutný přepočet získaných dat např. hodnoty zeměpisné šířky a výšky jsou přepočteny na stupně a minuty, rychlost je přepočtena s uzlů na km/h. Data s GPS modulu jsou uložena do stejného TDMS souboru jako data s automobilové části systému. Při analýze jsou relevantní data (rychlost) provázána a je získána dráha, kterou testovací vůz urazil.

## **7. Realizace systému monitoringu, vizualizace, archivace vybraných naměřených veličin spojených s provozem osobního automobilu**

### **7.1 Automotive Diagnostic Command Set**

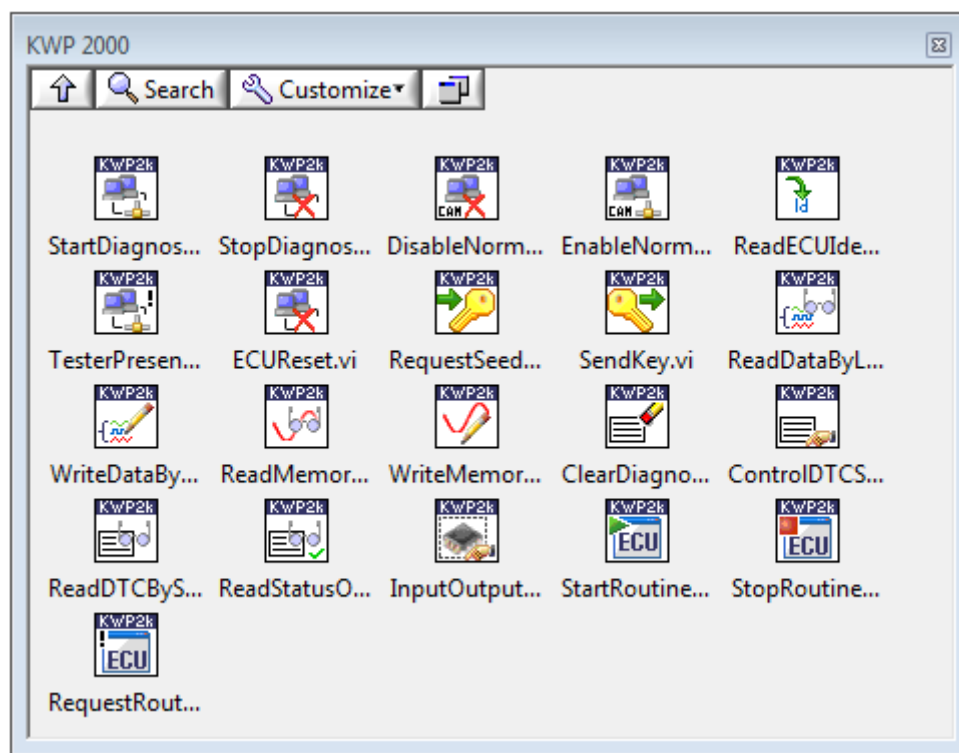
Algoritmus je vytvořen ve vývojovém prostředí LabVIEW od společnosti National Instruments. Je zde použita speciální knihovna, která není součástí základní verze LabVIEW, a to Automotive Diagnostic Command Set. Tato knihovna obsahuje všechny potřebné funkce pro komunikaci s osobními automobily jak evropské tak i americké výroby.

Diagnosticke funkce této knihovny zahrnují vzdálené spuštění rutiny (jsou to děje, které vznikají až po pozitivní odezvě s ECU jednotky) nebo služby (služby slouží např. k zobrazení a uprav chybových kódů při diagnostice) na ECU. Pro provedení rutiny se odešle řetězec bytů do ECU a ECU obvykle odpoví také řetězcem bytů. Několik diagnostických protokolů jako jsou KWP2000 a USD standardizují formát služby, která má být provedena. Nicméně tyto normy nechávají dost prostoru pro výrobce k jejich rozšíření.

Nový diagnostický trend souvisí s palubní diagnostikou, která není závislá na výrobcích a je definována ve standardu SAE J1979 a ISO 15031 -5.

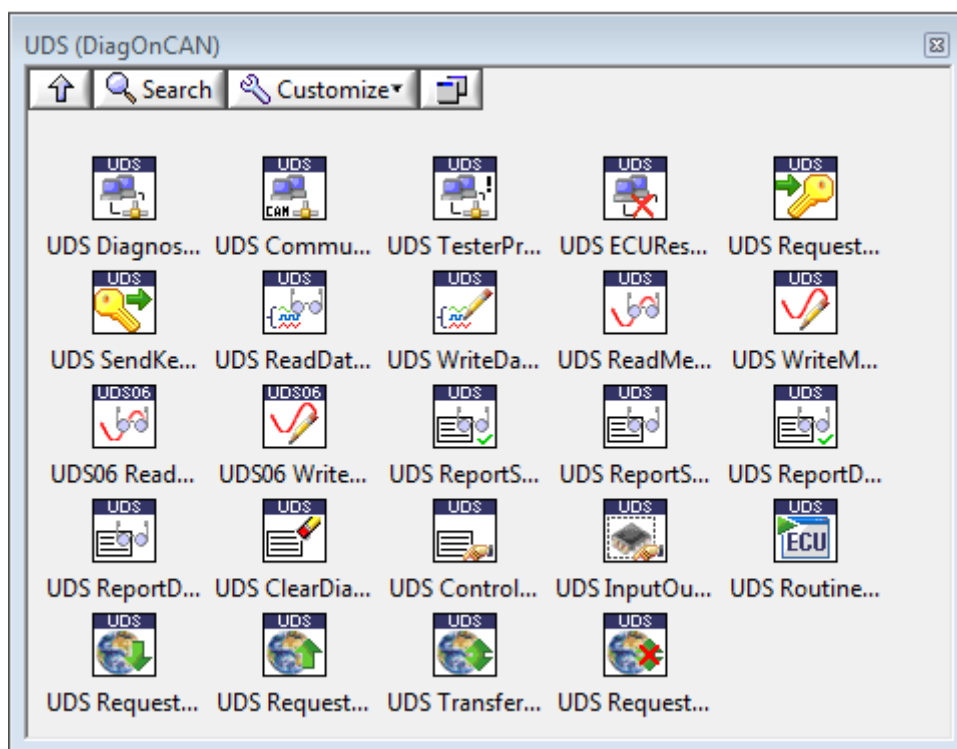
Automotive Diagnostic Command Set v sobě zahrnuje všechny požadavky těchto standardů.

Protokol KWP 2000 (KeyWorldProtocol 2000) se stal nejběžněji používaným protokolem v automobilové diagnostice. Je standardizován jako ISO 14230 - 3. KWP 2000 popisuje implementaci různých diagnostických služeb, kterých lze pomocí tohoto protokolu dosáhnout. Protokol KWP 2000 využívá zprávy různé bytové délky, ale transportní protokol je nezbytné použít na vrstvách kde je zpráva přesně definována jako je CAN. Transportní protokol rozděluje dlouhé KWP 2000 zprávy na části které, mohou být přes síť přeneseny na výstup, kde jsou zase složeny. KWP 2000, běží na sběrnici CAN na různých transportních protokolech, jakou jsou IOS TP (ISO 15765-2), TP 1.6, TP 2.0 (např. pro Volkswagen), a SAE J1939-21.



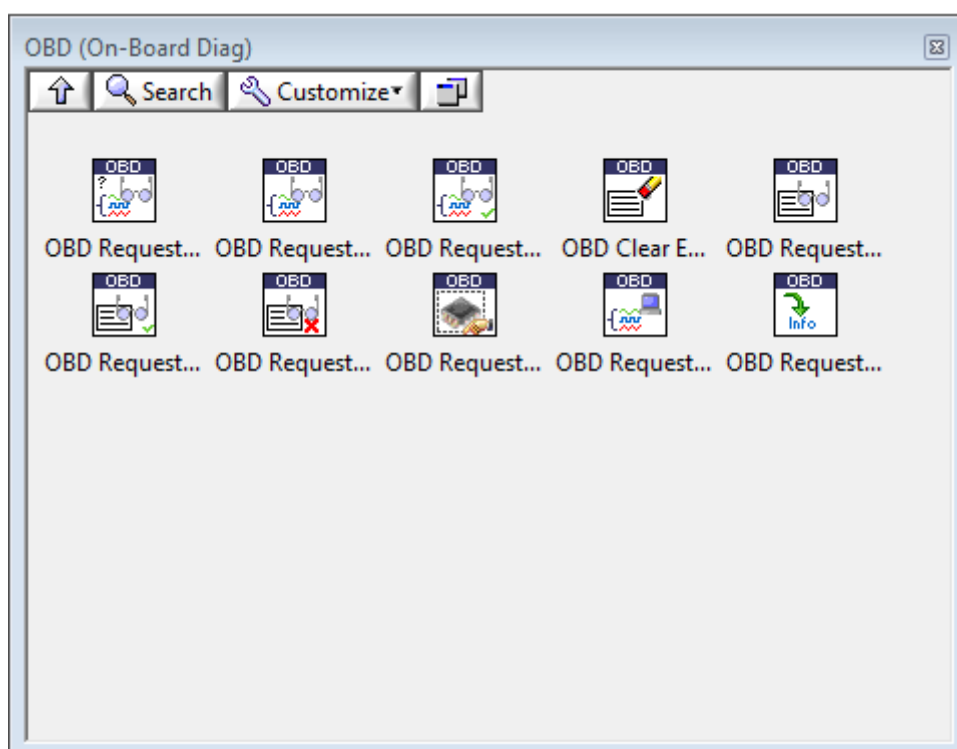
Obr. 20. KWP 2000 příkazy v LabVIEW

UDS (UnifiedDiagnosticServices) jedná se pouze o variaci KWP 2000. Transportní protokoly a principy jsou podobné.



Obr. 21. UDS příkazy v LabVIEW

On-Board Diagnostic (OBD) systémy jsou dnes přítomny ve všech automobilech a lehkých nákladních autech, které dnes jezdí. OBD pojednává o autodiagnostice automobilu a schopnosti vozu podat hlášení o problémech, které může potom majitel automobilu nebo servisní technik odstranit.



Obr. 22. OBD příkazy v LabVIEW

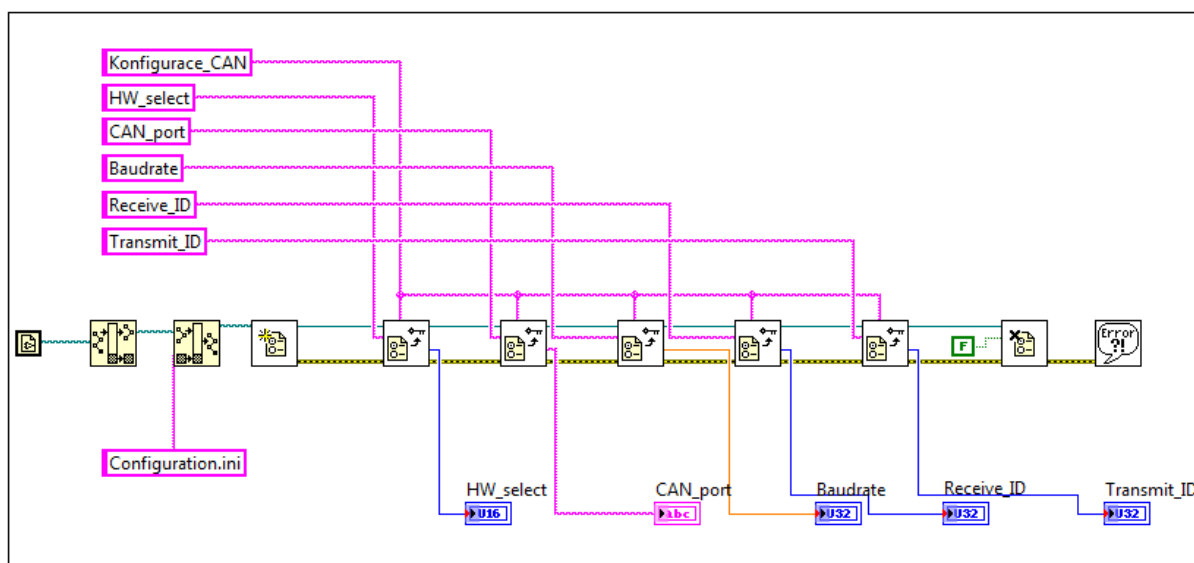
## 7.2 Softwarové řešení



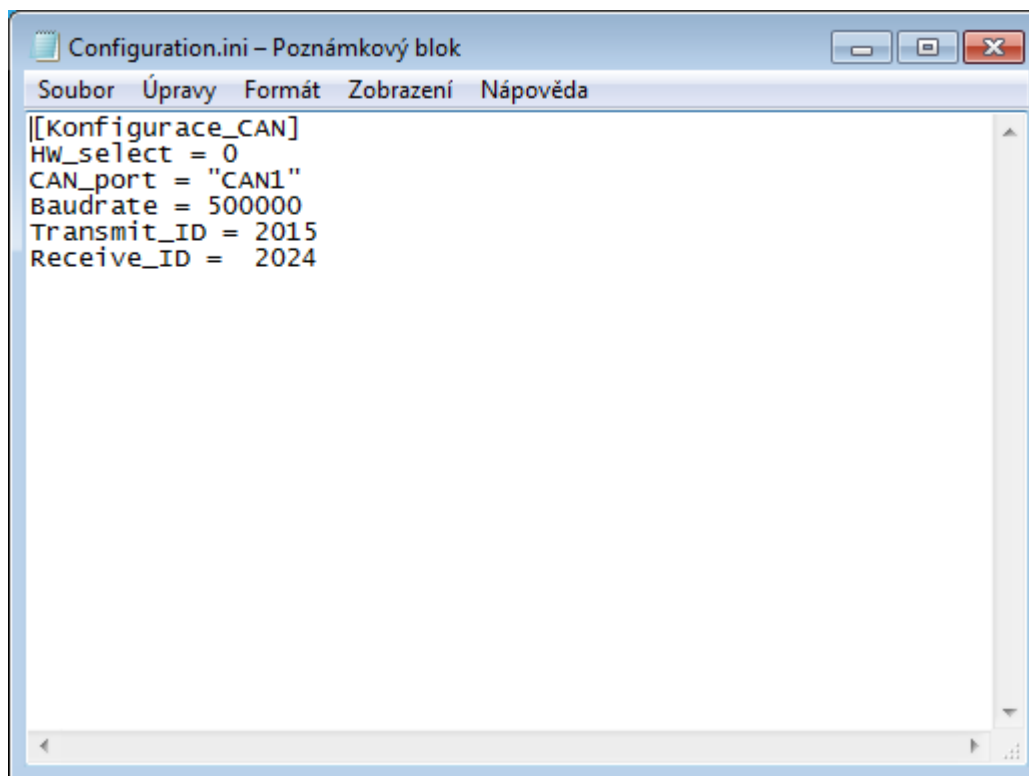
Obr. 23. Blokové schéma softwarového řešení

### 7.2.1 Inicializace CAN modulu, ECU jednotky, nastavení CAN zprávy a dalších ADCS

Při startu aplikace se automaticky nejprve nastaví parametry CAN modulu z externího konfiguračního souboru Configuration.ini. CAN modulu je tímto nastaven port, rychlost přenosu dat. Tento soubor, také zajišťuje použití správných ID čísel ECU jednotky. Jednotlivé hodnoty pro konfiguraci CAN modulu jsou tzv. naklíčovány ze souboru Configuration.ini a jsou přes lokální proměnné zapsány na inicializační kontroly (kontroly nacházející se v grafickém rozhraní). Je nastavena volba hardwaru (HW\_select, 0=NI-XNET, 1 = klasický CAN USB), CAN\_port (CAN1), Baudrate (500000), Transmit\_ID (v dekadickém tvaru 2015 (7DF)), Receive\_ID (v dekadickém tvaru 2024 (7E8)).



Obr. 24. Naklíčování jednotlivých hodnot s konfiguračního souboru Configuration.ini

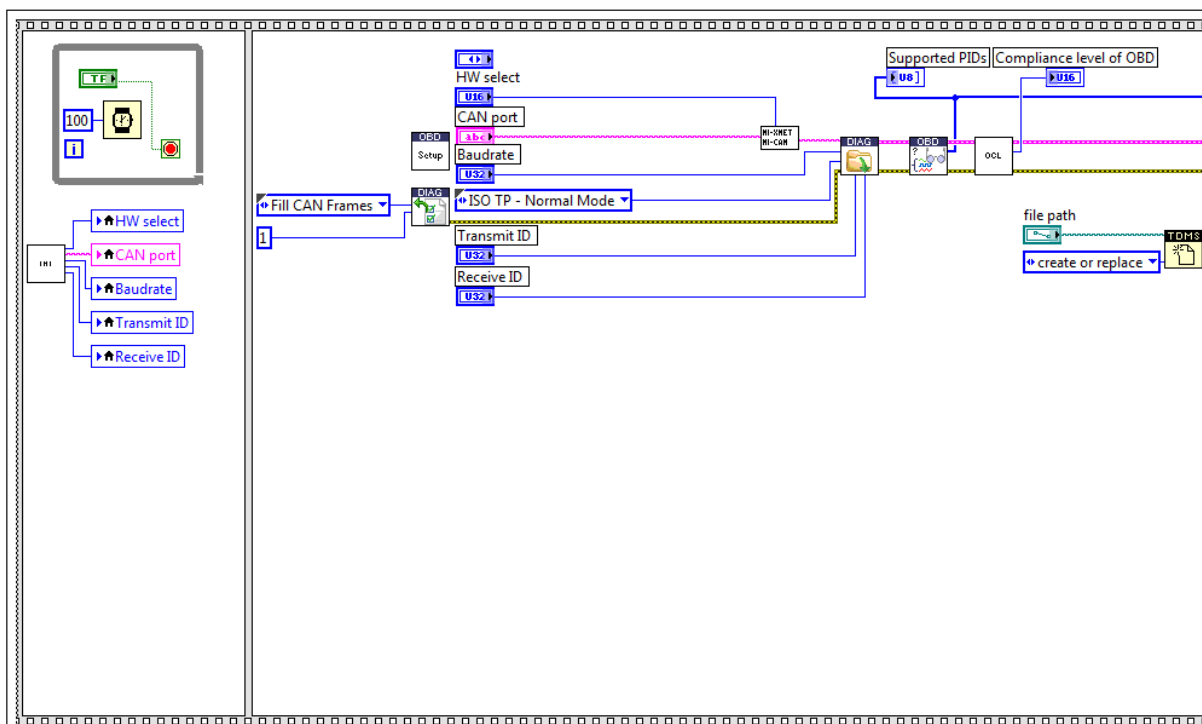


*Obr. 25. Ukázka struktury konfiguračního souboru*

Následně se čeká na ruční nastavení GPS modulu ( na rozdíl od CAN modulu, se GPS modul může nacházet pokaždé na jiném komunikačním portu, proto není v inicializačním souboru zahrnuta očekává se ruční nastavení). Pro další běh programu je nutno stisknout tlačítko start.

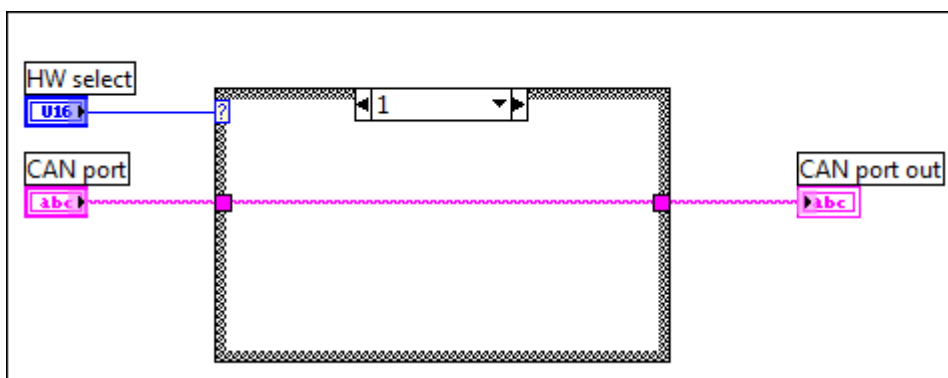
Dále jsou nastaveny parametry některých příkazů, které jsou součástí Automotive Diagnostic Command setu (dále jen ADCS). Toto nastavení zajišťuje příkaz OBD setup. Tyto parametry jsou WaitTime CF a TimebetweenWaits WaitTime definuje minimální čas pro slave jednotku, která musí počkat mezi vysláním dvou po sobě jdoucích rámců. Další parametr TimebetweenWaits je počet milisekund, které jednotka master čeká po odeslání rámce Wait.

Po té následuje nastavení rámce CAN správy příkazem Diag Set Property. Pro správnou komunikaci je nutné nastavit CAN správu. V původním nastavení ADCS neposílají 8 bytové CAN zprávy. Proto je nutné nastavit v příkazu Diag Set Property vlastnost Fill CAN Frames na hodnotu true (1).

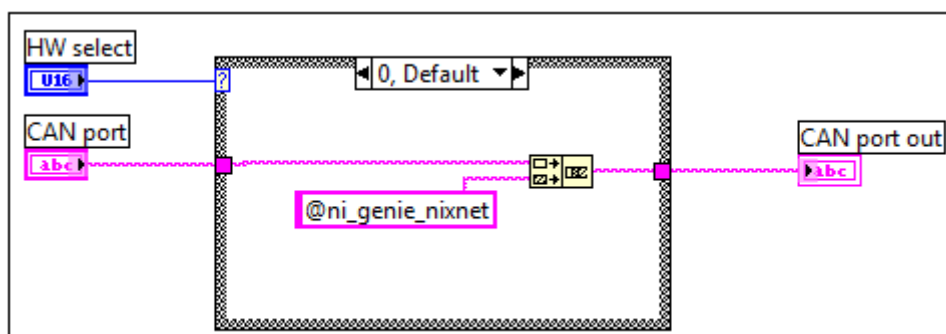


Obr. 26. Nastavení ADCS, CAN rámce, diagnostiky a vytvoření TDMS souboru

Dále se provádí výběr CAN modulu. Následuje vi, které řeší volbu modulu. Ve struktuře case, jsou dvě možnosti, buď se zvolí klasický CAN-USB modul nebo se pomocí příkazu uvedeného v dokumentaci (@ni\_genie\_nixnet) zvolí NI-XNET CAN modul. Tato volba je zajištěna konfiguračním souborem.



Obr. 27. Volba klasického CAN-USB modulu

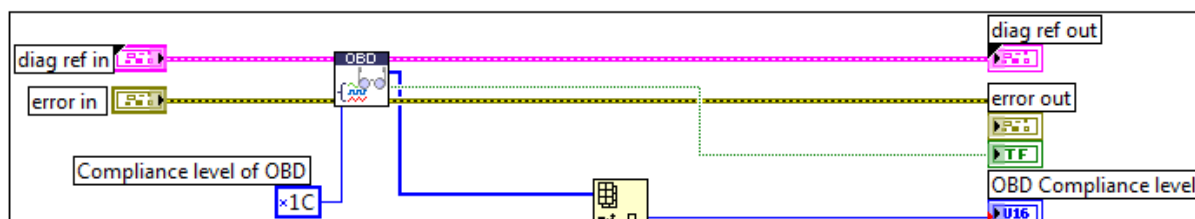


Obr. 28. Volba NI-XNET CAN modulu

### 7.2.2 Vyžádání podporovaných PID a zjištění typu OBD jednotky

Tato data jsou poslána společně s dalšími parametry do příkazu Open Diagnostic. Tento příkaz potřebuje ještě další údaje, jako jsou volba komunikačního protokolu v tomto případě je zvolen protokol ISO TP Normal Mode (nejvíce používán). A také Transmit ID (7DF) a Receive ID (7E8), které jsou nutné pro zahájení správné komunikace s ECU automobilu (nastaveny konfiguračním souborem). Open Diagnostic zahájí komunikaci s automobilem. Po “otevření” komunikace jsou z ECU jednotky vyžádány podporované PID příkazem OBD Request Supported PID’s, které jsou dále používány.

Následně je zjištěno o který typ OBD jednotky se jedná a jestli je vůbec dodržena úroveň OBD komunikace. K získání této informace je nutné použít PID kód 1C. Vracená hodnota má pouze jeden bit tzn., že počet není nutný.



Obr. 29. Volba NI-XNET CAN modulu

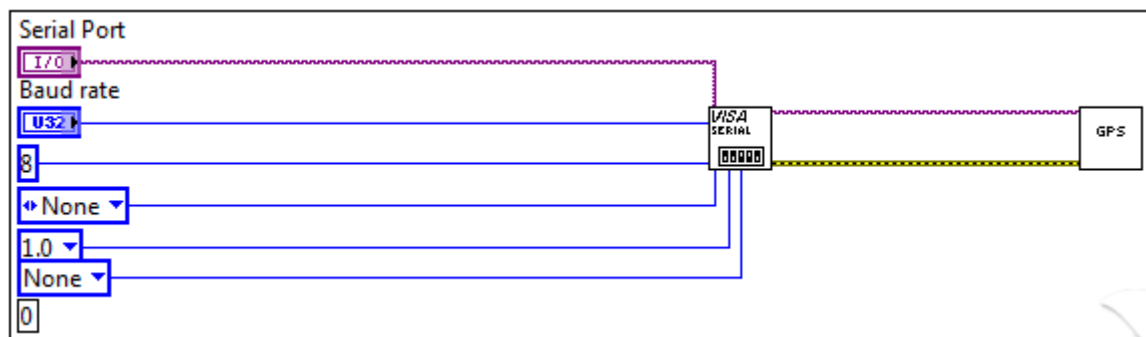
### 7.2.3 Vytvoření nebo náhrada stávajícího TDMS souboru, inicializace GPS modulu

Na data z automobilu se čeká, dokud neprijdou validní data z GPS modulu. V tuto dobu se inicializuje GPS modul a vytvoří se TDMS soubor pro uložení dat. Formát TDMS byl zvolen, protože je to flexibilní formát dat pro, který byl vytvořen robustní systém rozhraní pro zápis a vyčítání naměřených dat. Zabírá malé rozměry na disku, po provedení indexace se v něm rychle vyhledává, podporuje vysokorychlostní streaming. Jelikož je to standardizovaný formát tak je využíván po celém světě tzn., že není problém s výměnou a prohlížením souborů s lidmi po celém světě. TDMS formát je také



podporován platformami od společnosti National Instruments, takže práce s těmito soubory je poměrně jednoduchá.

Na rozhraní VISA se nastaví port, rychlost, počet přenesených bitů, paritní bit GPS modulu. Jsou přečteny byty a údaje o portu, na kterém se GPS modul nachází.

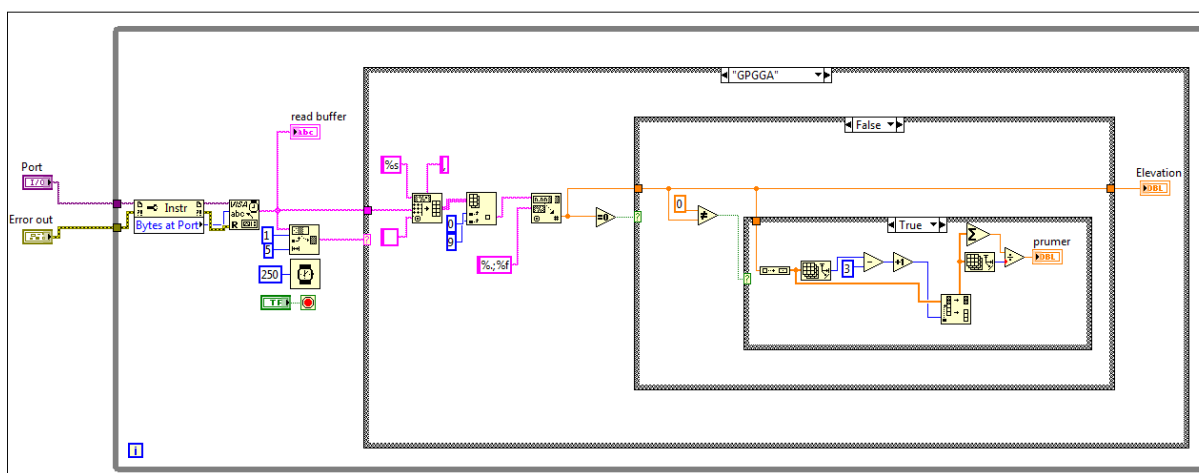


Obr. 30. Inicializace GPS modulu

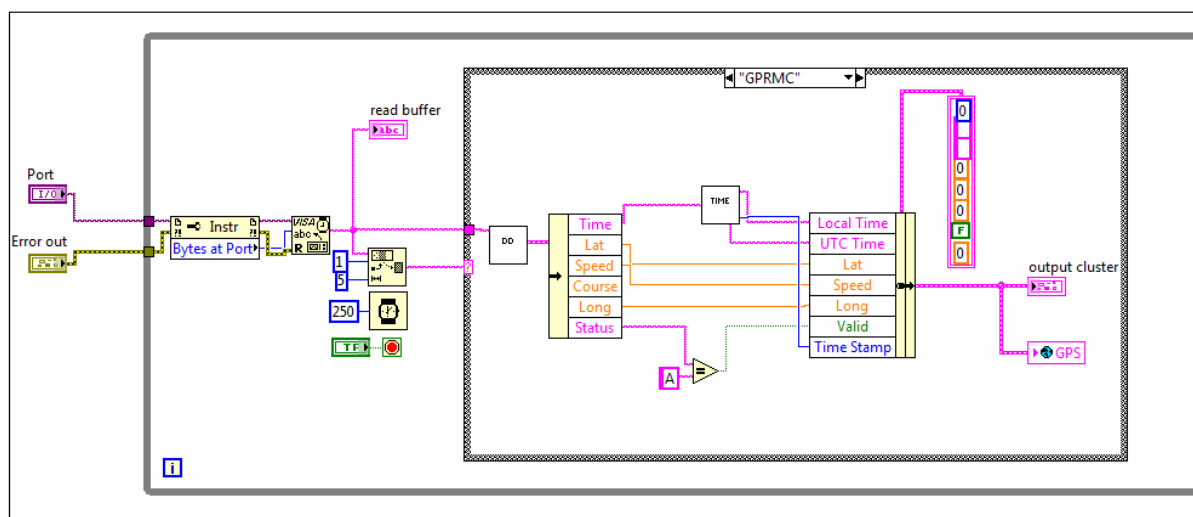
## 7.2.4 Sběr GPS dat a zobrazení

Po inicializaci dochází k vyčtení bytů na sériovém portu a přečtení GPS zpráv, které modul podporuje viz. Obr 18. Je vybráno 5 znaků, ve kterých je zakódována zeměpisná šířka a délka. Následuje rozkódování a přepočty.

V první řadě je vybrána zpráva GPGBA - je vytvořeno pole čar (pole reprezentuje čáry, které obsahuje GGA zpráva). Následně je vybrán devátý prvek zprávy (elevace) a je naformátován a zobrazen. Pokud elevace klesne z nějakého důvodu (krátkodobé výpadky GPS apod.) na nulu, tak se vezmou poslední tři nenulové hodnoty a vypočítá se z nich průměr a ten je zobrazen a uložen. Tato úprava je provedena kvůli konzistenci dat při analýze. Zbytek dat zprávy je zahazován, protože tato data jsou získána z následující zprávy (RMC).



Obr. 31. Vnitřní struktura GPS vi zpráva GPGBA



Obr. 32. Vnitřní struktura GPS při zprávě GPRMC

Dále je vybrána zpráva, která je přijata ve formátu GPRMC. Následně jsou jednotlivé hodnoty vloženy do pole čar (tímto polem se myslí pole GPRMC zprávy kde jsou jednotlivá data oddělena čárkami) zobrazených ve formátu GPRMC. Zpracovávají se pouze zprávy GPRMC. Ze zprávy je tento indikátor společně s prefixem "\$" a následující čárkou vyjmut a zbytek je rozdělen do pole hodnot podle oddělovacího znaku ",".

Jednotlivé hodnoty pole jsou UTC čas, Status, zeměpisná šířka a délka, rychlost a směr.

V případě zeměpisné šířky první dva znaky uchovávají informace o stupních, ostatní pak o minutách. Minuty jsou vyjmuty, převedeny na stupně a sečteny s minutami v první části zprávy. Konečná zeměpisná šířka je vypočtena podle následujícího předpisu:

$$Lat = a_1 + \frac{b_1}{60} \quad (1)$$

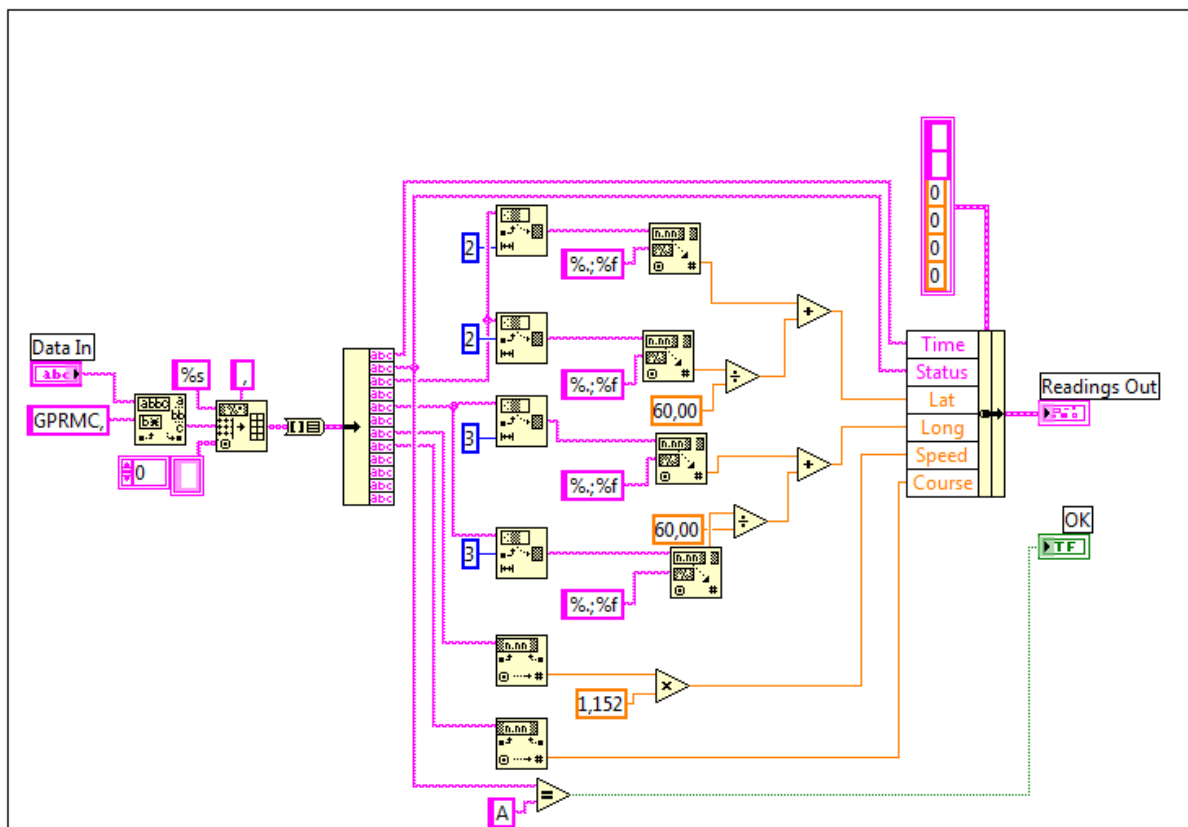
Zeměpisná délka je reprezentována dalšími třemi znaky. První tři znaky uchovávají údaje o stupních, další o minutách. Přepočet na konečnou zeměpisnou délku je obdobný jako u zeměpisné šířky.

$$Long = a_2 + \frac{b_2}{60} \quad (2)$$

Indikace západní/východní polokoule je zahazována, protože je tento parametr v mém případě irelevantní. Rychlost je získávána v uzlech což je jednotka rychlosti používaná v mořeplavbě, letectví a meteorologii. Proto je přepočtena na kilometry v hodině podle předpisu:

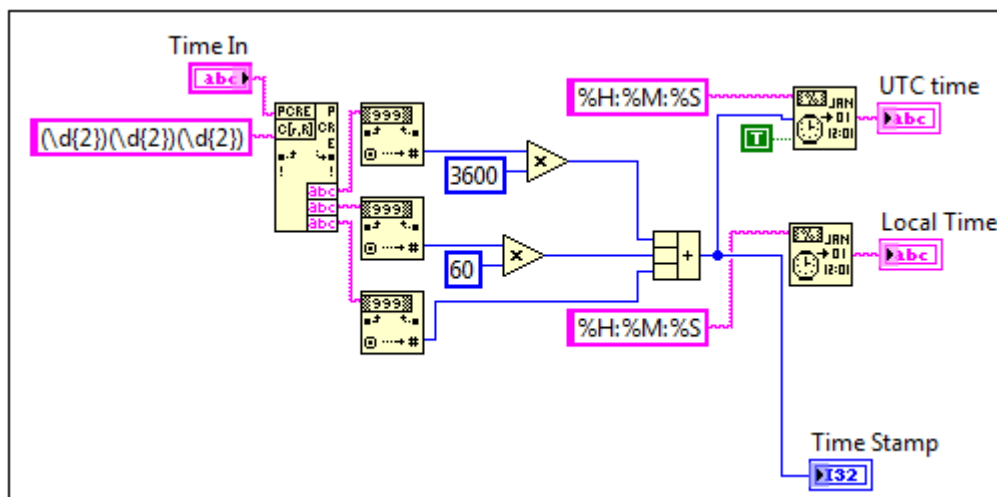
$$Spd = x \cdot 1,52 \quad (3)$$

Směr je udáván přímo ve stupních, takže přepočet není nutný. Status indikuje, jestli jsou data validní nebo ne. Pokud je stav "A" tak jsou data v pořádku, status "V" znamená, že nebyla nalezena družice. Veškeré hodnoty jsou pak ukládány do datové struktury clusteru.



Obr. 33. Vnitřní struktura dekódování GRPMC zprávy

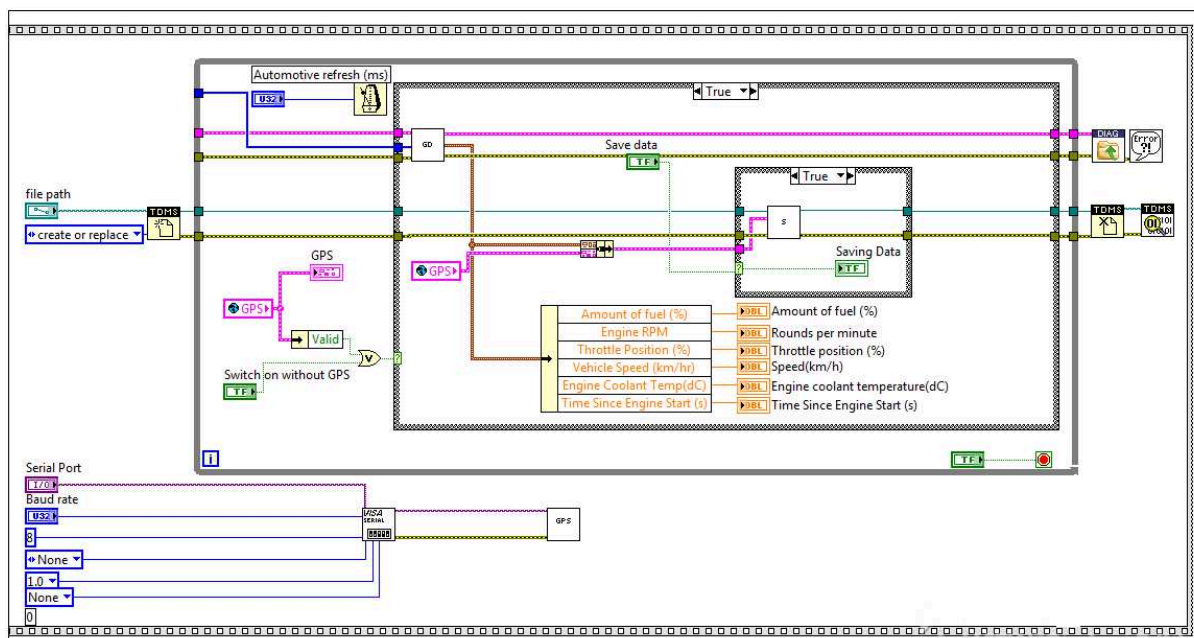
Čas je ve zprávě GPRCM je předán jako koordinovaný světový čas – UTC, bez informace o datu. Přenášen je ve tvaru „hhmmss.uuu“, kde hh jsou hodiny, mm minuty, ss sekundy a uuu milisekundy. Znaky času jsou po dvojicích vybírány a převáděny na číslo, milisekundy jsou zahazovány. Takto získaná data jsou převedena na počet sekund od půlnoci (00:00:00). Prohlášením za unixovou časovou značku (UNIX timestamp), se získá UTC čas v počtu sekund od 1. 1. 1970 (konkrétně 1970-01-01T00:00:00Z) a dále je využit jako vstup funkce „FormatDate/TimeString“ (datum tedy není správné, nicméně je zahazován při následném formátování). Časová značka je funkcí formátována do tvaru „hh:mm:ss“ a automaticky převedena na lokální čas. Výstup subVI „UTC time“ je získán stejným způsobem, ale binární vstup „UTC format“ funkce „FormatDate/TimeString“ je nastaven na true, což má za následek vypnutí převodu na lokální čas a ten tak zůstává v UTC.



Obr. 34. Vnitřní struktura výpočtů času

Veškerá GPS data (zeměpisná šířka a délka, rychlost, časová známka, UTC čas a lokální čas) jsou potom zobrazena ve výstupním clusteru a ukládány do globální proměnné.

Pokud je hodnota Valid“ A“ tak se provádí smyčka, kde se provádí sběr dat s jednotlivých senzorů v automobilu, které následně se zobrazí a uloží společně s GPS daty, které jsou přivedeny přes globální proměnnou.

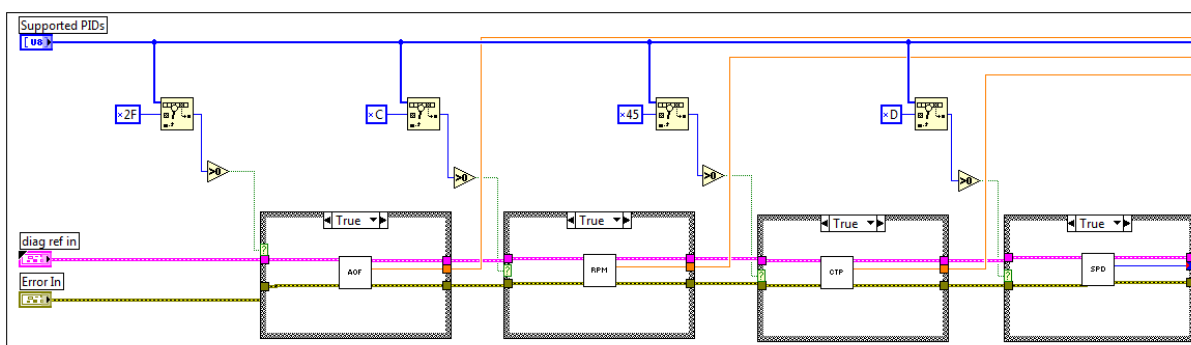


Obr. 35. Hlavní smyčka

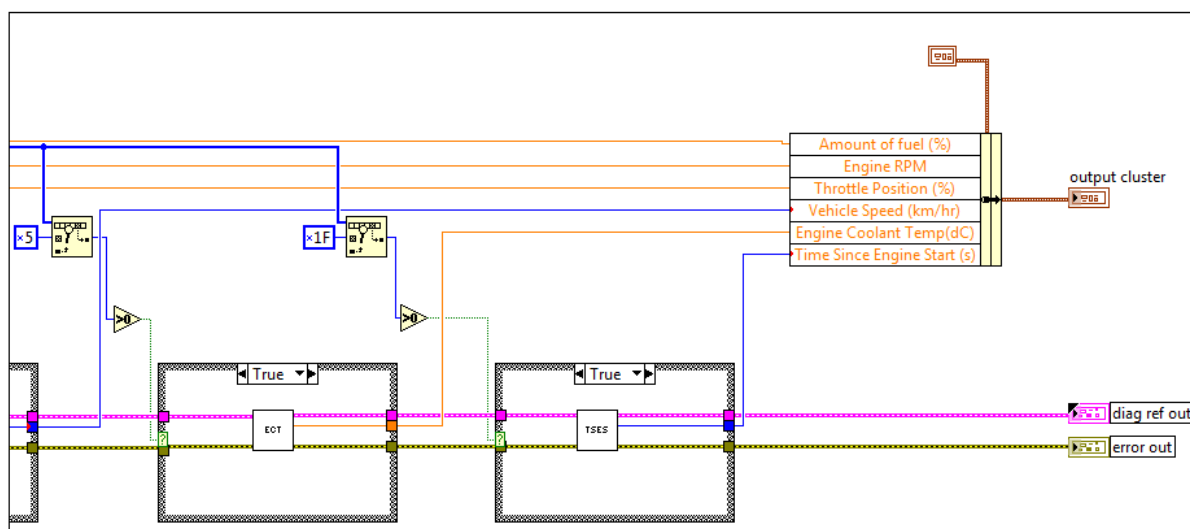
## 7.2.5 Sběr dat z automobilu a zobrazení

Ve vi GD (Get data) jsou získávány, a pokud je to třeba tak i přepočteny hodnoty z jednotlivých senzorů v osobním automobilu. Zde se uplatní PID, které ECU automobilu podporuje.

V poli se hledají jednotlivé PID, které jsou využity. Pokud je vyhledané PID větší než nula tak se provede dotaz na senzor, který je následován přepočtením (tam kde je to potřeba) na reálné hodnoty a následným uložením do clusteru.



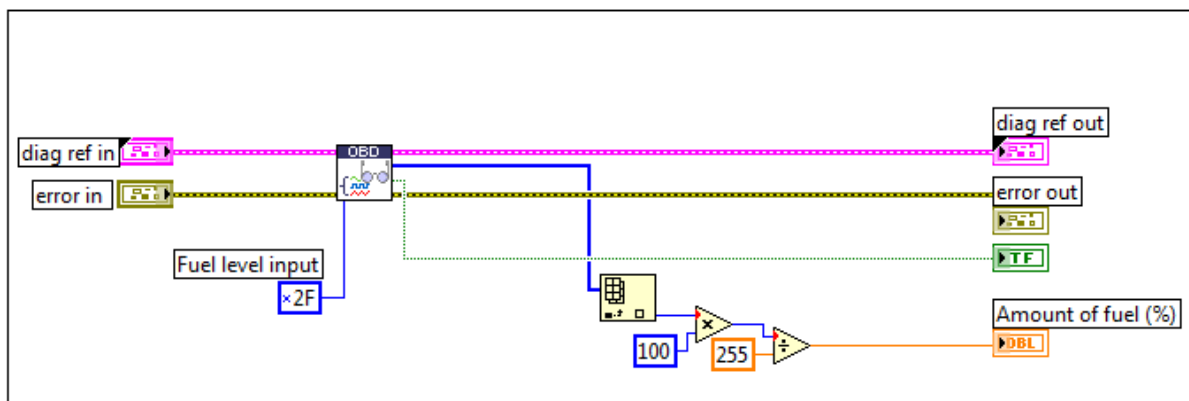
Obr. 36. Vyhledávání použitých PID v poli podporovaných PID



Obr. 37. Vyhledávání použitých PID v poli podporovaných PID

Kód PID v hexadecimálním tvaru 2F umožňuje získat informaci o procentuálním zbytku paliva, které se v nádrži nachází. Vrácenou hodnotu je nutno přepočíst podle následujícího předpisu:

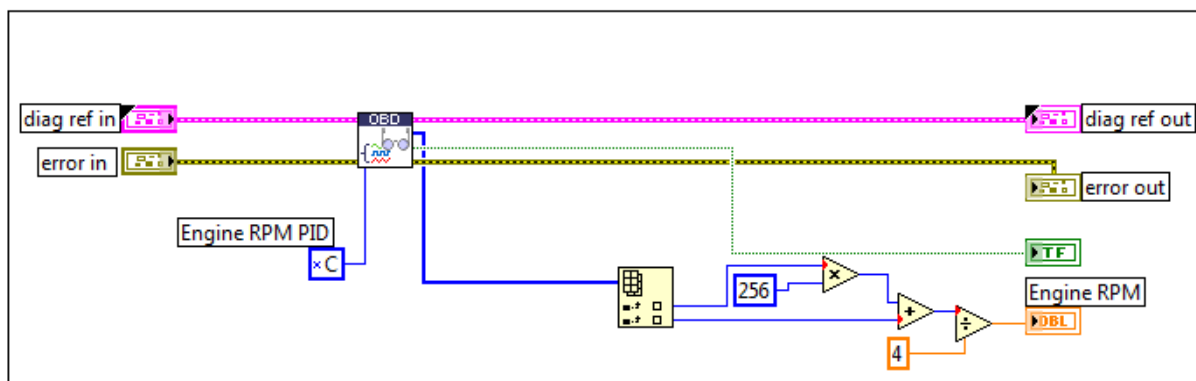
$$Aof = \frac{A \cdot 100}{255} \quad (5)$$



Obr. 38. Algoritmus měření a výpočtu množství paliva

Dále jsou získávány otáčky pomocí PDI v hexadecimálním kódu 0C. Zde je také nutný přepočet na reálné hodnoty. Vraceny jsou totiž dva byty, které jsou pro člověka nesrozumitelné. Přepočet je proveden podle následujícího předpisu:

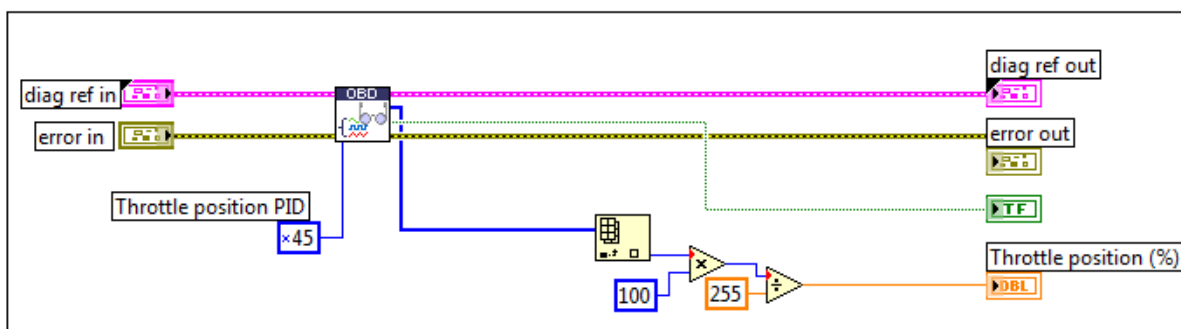
$$Rpm = \frac{[(A \cdot 256) + B]}{4} \quad (6)$$



Obr. 39. Algoritmus měření a výpočtu otáček motoru

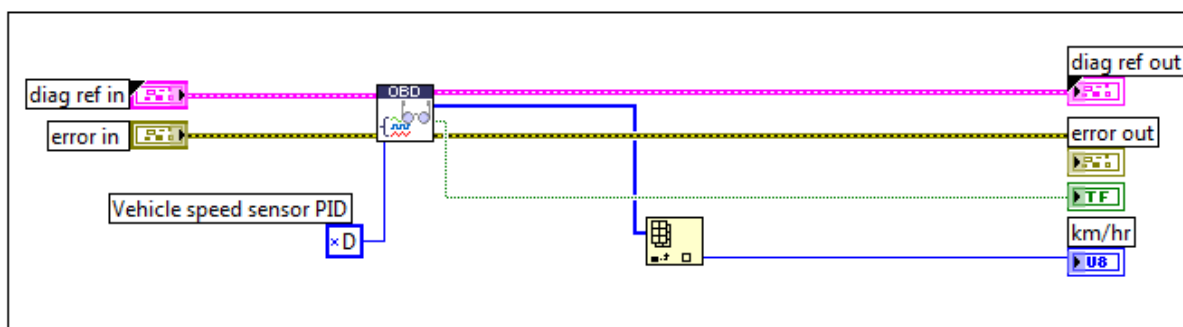
Měření aktuální polohy škrticí klapky automobilu je prostředkováno PID v hexadecimálním kódu 45. Vracená hodnota je přepočtena na procentuální číslo pomocí tohoto předpisu:

$$Ctp = \frac{A \cdot 100}{255} \quad (7)$$



Obr. 40. Algoritmus měření a výpočtu polohy škrticí klapky

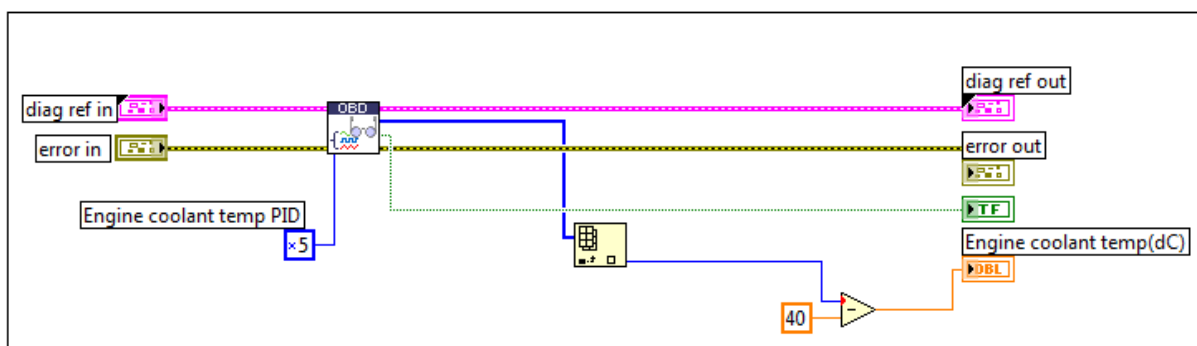
PID v hexadecimálním kódu 0D zprostředkovává měření rychlosti. Tato hodnota je získána přímo v km/h, to znamená, že přepočtení není nutné.



Obr. 41. Algoritmus měření rychlosti vozidla

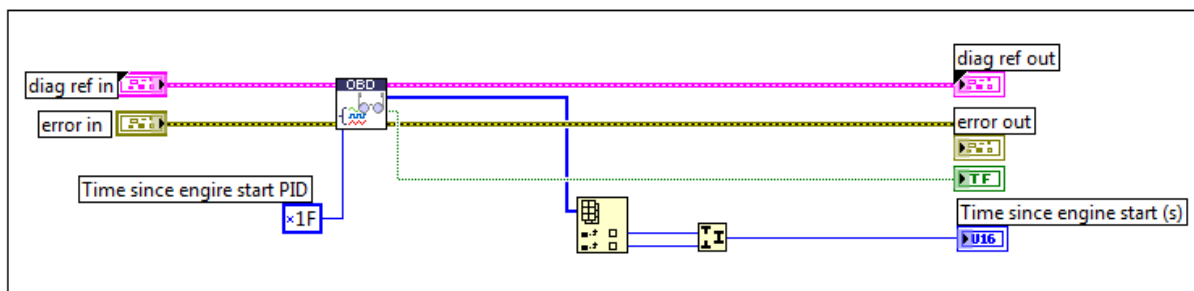
Měření teploty chladicí kapaliny motoru se je uskutečněno dotazem PID kódem 05 v hexadecimálním tvaru. Zde je nutný přepočtení na srozumitelnou hodnotu, děje se tak podle následujícího předpisu:

$$Ect = A - 40 \quad (8)$$



Obr. 42. Algoritmus měření a výpočtu teploty chladicí kapaliny motoru

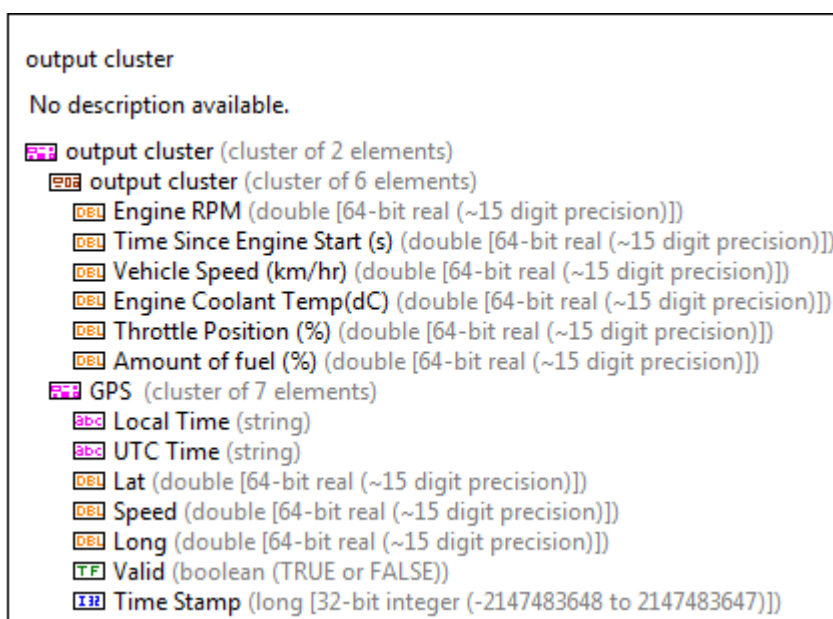
Uplynulý čas od startu motoru zprostředkovává PID 1F v hexadecimálním tvaru. Jsou vráceny dva bity (čísla), která po spojení reprezentují uplynulý čas od startu motoru.



Obr. 43. Algoritmus měření času uplynulého od startu motoru

## 7.2.6 Sloučení GPS dat a dat z automobilu

Veškeré hodnoty jsou zobrazeny a uloženy do clusteru, který je spojen s clusterem který obsahuje GPS data. Výsledný cluster, který se ukládá do TDMS souboru vypadá takto:

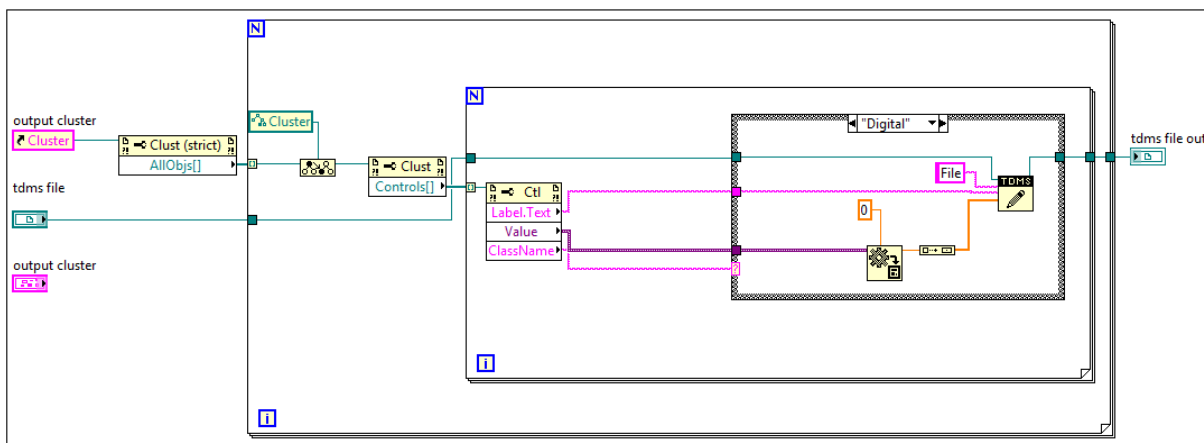


Obr. 44. Cluster ukládaný do TDMS souboru

## 7.2.7 Uložení dat

Vi S (Save) řeší ukládání dat do TDMS souboru. Ukládán je output cluster. Vezme se z něj reference a vyberou se jednotlivé objekty uložené v této referenci. Následuje smyčka, která prochází jednotlivé reference a rozšíří je o informaci, že se jedná o cluster. S tohoto clusteru se vyvedou data na další smyčku, která prochází jednotlivé položky clusteru. S každé položky se zjistí a vybere label (popis), hodnota a typ. Hodnota se přetypuje podle získaného typu a uloží se společně s labelem do TDMS souboru.





Obr. 45. Ukládání do TDMS souboru

Ukládání se provádí, dokud jsou data s GPS senzoru validní. Pokud nejsou tak se ukládání a sběr dat s automobilu neprovede, nicméně tomu jde zabránit zmáčknutím tlačítka Switch on without GPS.

## 8. Testování algoritmu

Algoritmus byl otestován na automobilu Hyundai ix 35.

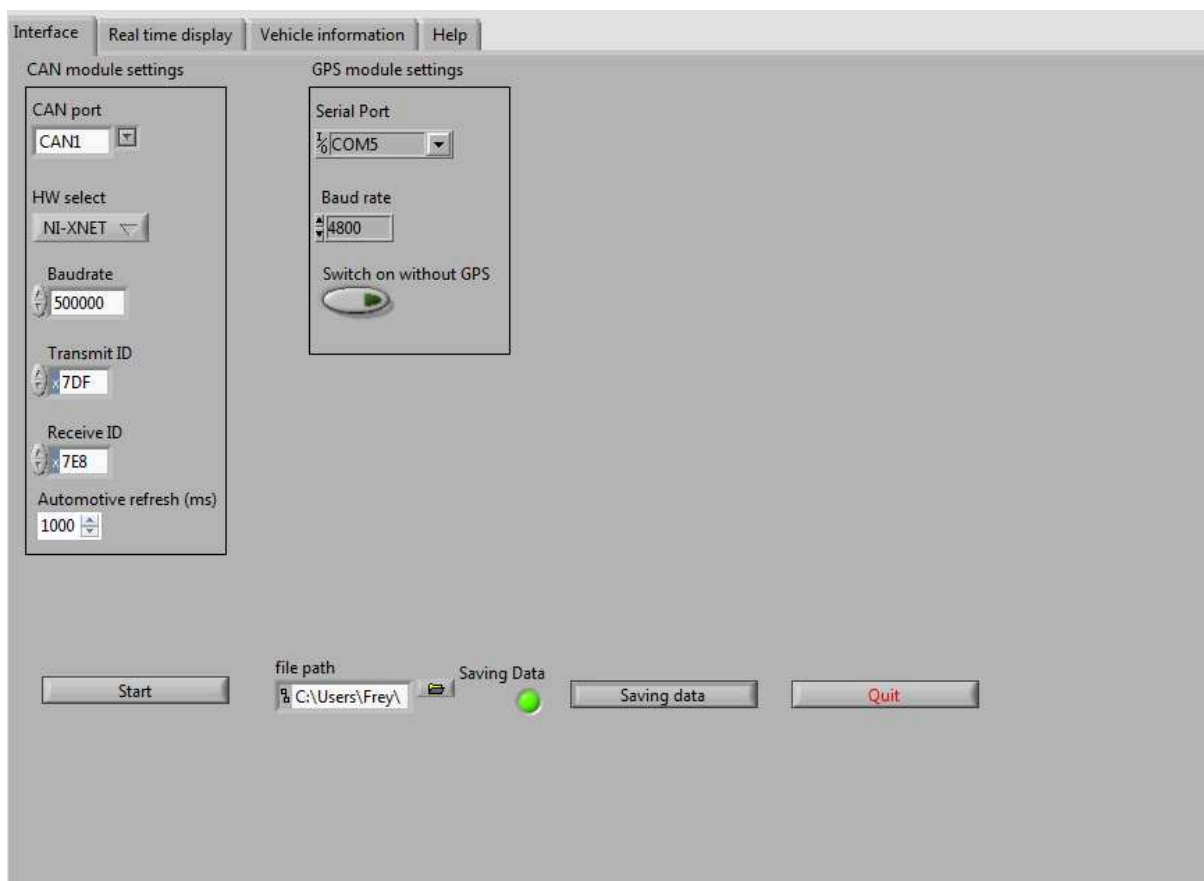


Obr. 46. Testovaný automobil

V první řadě byl inicializován CAN modul a GPS modul. CAN modul byl nastaven na portu CAN1, zařízení bylo vybráno jako NI-XNET, rychlost 500000 kb/s. Transmit ID pro Hyundai bylo nastaveno na 7DF a receive na 7E8. Data byla ukládána v rozmezí jedné sekundy (1000ms).

GPS modul se nacházel na portu COM5, rychlost byla nastavena na 4800 kb/s.

Nakonec byla vybrána cesta k souboru, do kterého byla všechna data ukládána.



*Obr. 47. Hlavní panel s inicializací modulů*

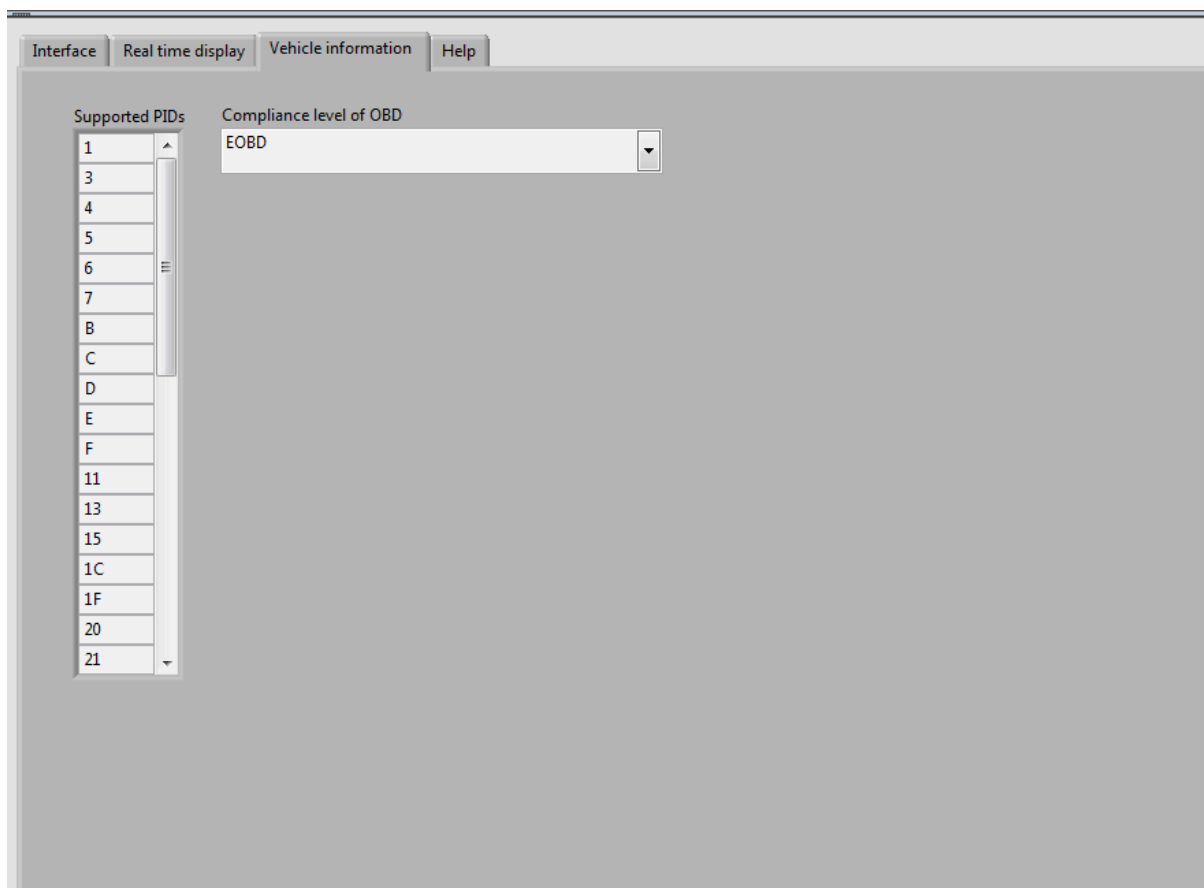
Následně se přistoupilo k testovací jízdě. Jak je vidět na panelu, který ukazuje hodnoty v reálném čase tak se měnili skoro všechny měřené veličiny. Poloha škrticí klapky není moc zřetelná, protože se měnila téměř skokově a velmi rychle (v datové analýze je to zřejmé). Jak je vidět tak jediná hodnota, která se neměnila je procentuální množství paliva. Tohle je způsobeno tím, že senzor, který se o tento parametr stará se s největší pravděpodobností ve standardu SAE nevyskytuje a PID kód uvádává přímo výrobce.

Ze zobrazených hodnot GPS modulu je patrné, že data jsou validní.



*Obr. 48. Ukazatelé hodnot v reálném čase*

V panelu, který obsahuje informace o vozidle, jsou zobrazeny podporované PID senzorů. Dále je zobrazena informace o jakou OBD jednotku se jedná. V tomto případě se jedná o EOBD (European OBD) jednotku.



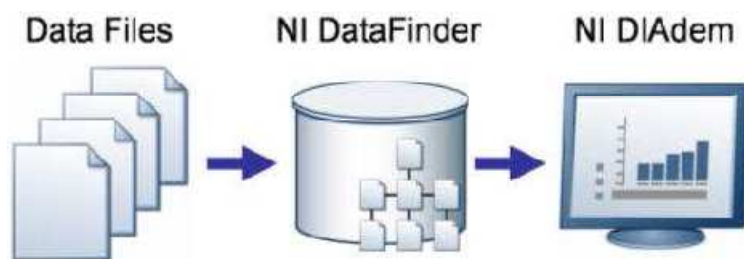
*Obr. 49. Informace o vozidle*

## **9. Přehled metod a prostředků zpracování naměřených výsledků**

### **9.1 DIAdem**

Naměřená data byla uložena do souboru TDMS a analyzována v prostředí DIAdem od společnosti National Instruments.

Pro data uložená ve formátu TDMS existuje prostředek pro jejich indexaci. Tato indexace umožňuje rychlé vyhledávání. Tento prostředek se jmenuje DIAdemDataFinder.



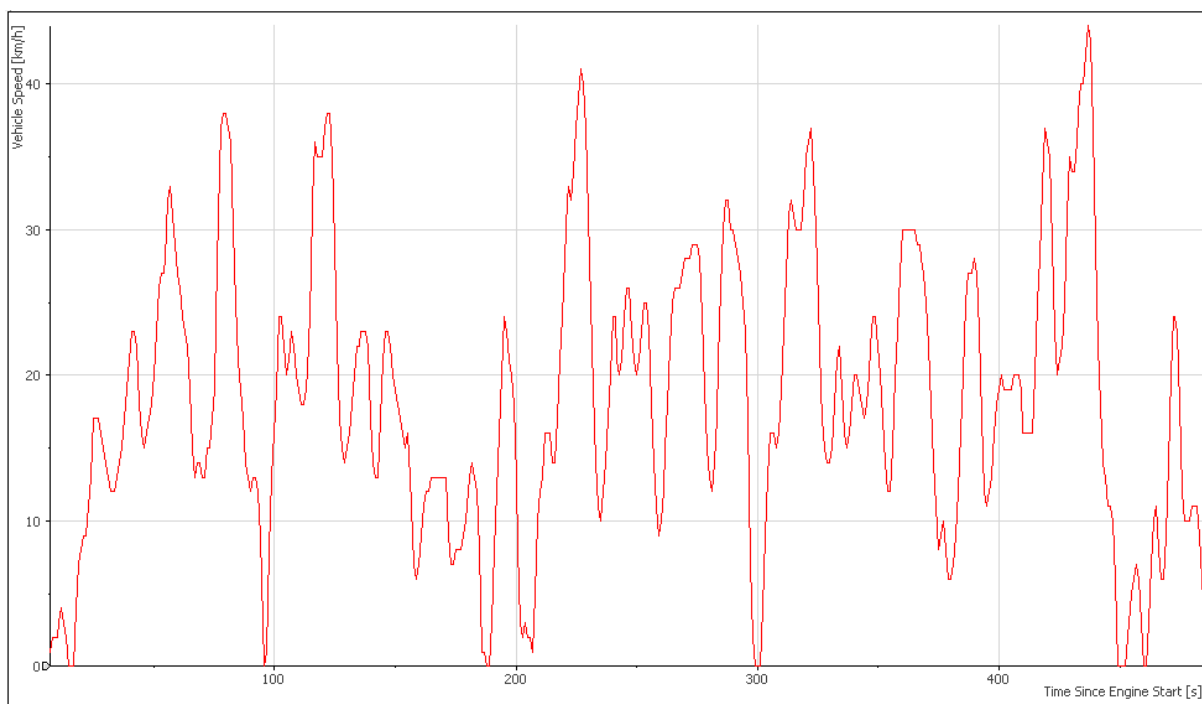
*Obr. 50. Základní fáze DataFinder modelu managementu naměřených dat[12]*

DIAdem představuje klientskou aplikaci pro analýzu a tvorbu protokolů z naměřených dat. Jedná se o interaktivní prostředek umožňující provádět typické funkce pro oblast managementu naměřených dat:

- Rychlé vyhledávání v indexovaných datech
- Prohlídka obsahu datových souborů v grafickém i tabulkovém režimu
- Off-line analýza naměřených dat
- Vytváření protokolů s měření
- Automatizace akcí pomocí vbs skriptů [12]

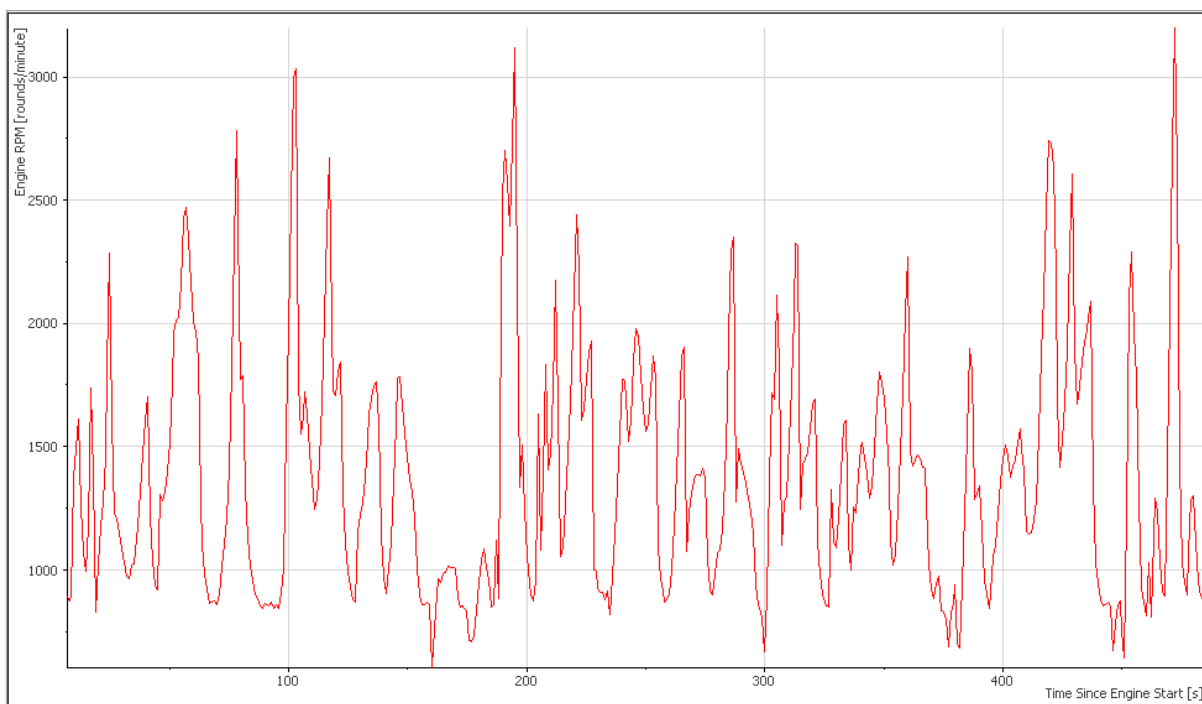
## **9.2 Prezentace a zhodnocení dosažených výsledků a návrh dalšího postupu v této oblasti**

1. Průběh rychlosti vozidla vtažený k času, který uplynul od startu motoru



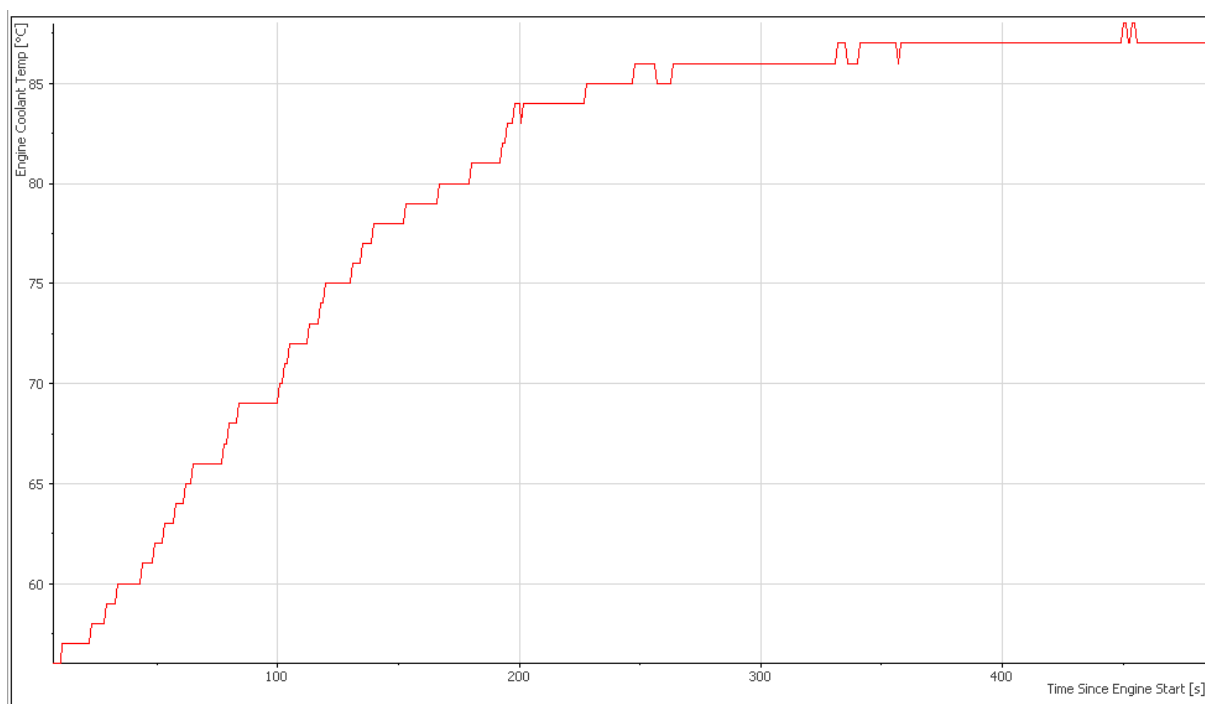
*Obr. 51. Průběh rychlosti automobilu*

2. Průběh otáček automobilu vztažený k času, který uplynul od startu motoru



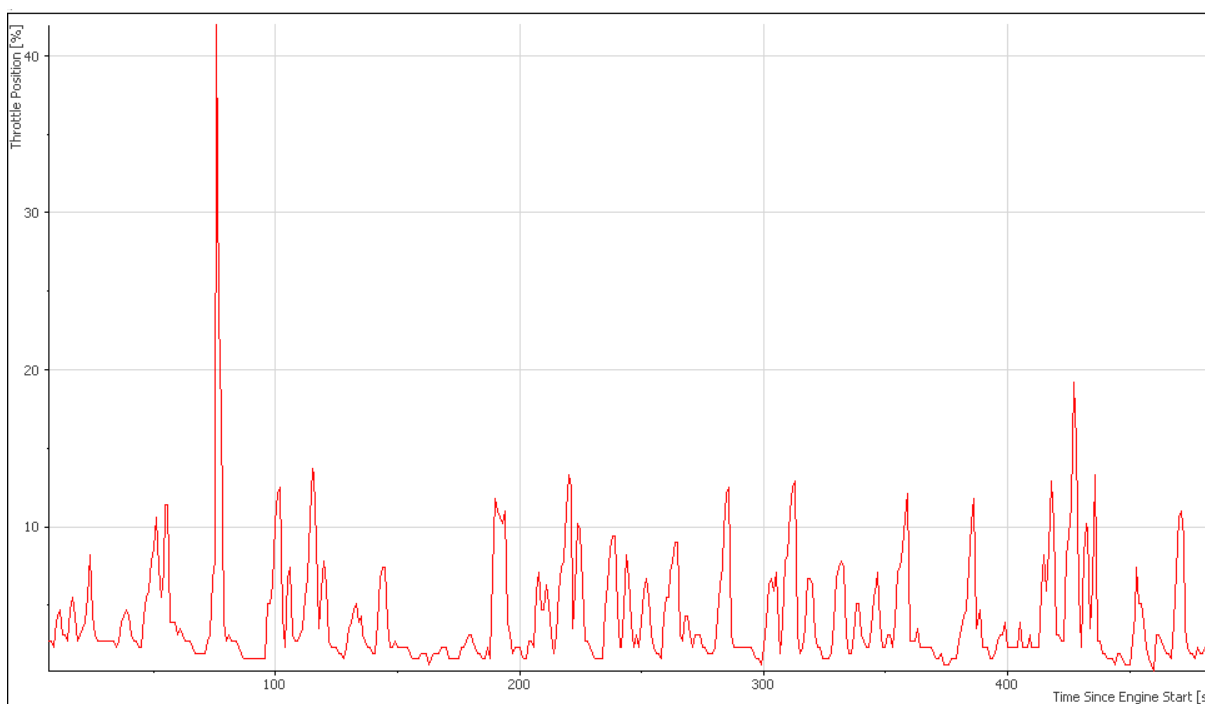
*Obr. 52. Průběh otáček motoru automobilu*

3. Teplota chladicí kapaliny motoru vztažená k času, který uplynul od startu motoru



*Obr. 53. Průběh teploty chladicí kapaliny motoru*

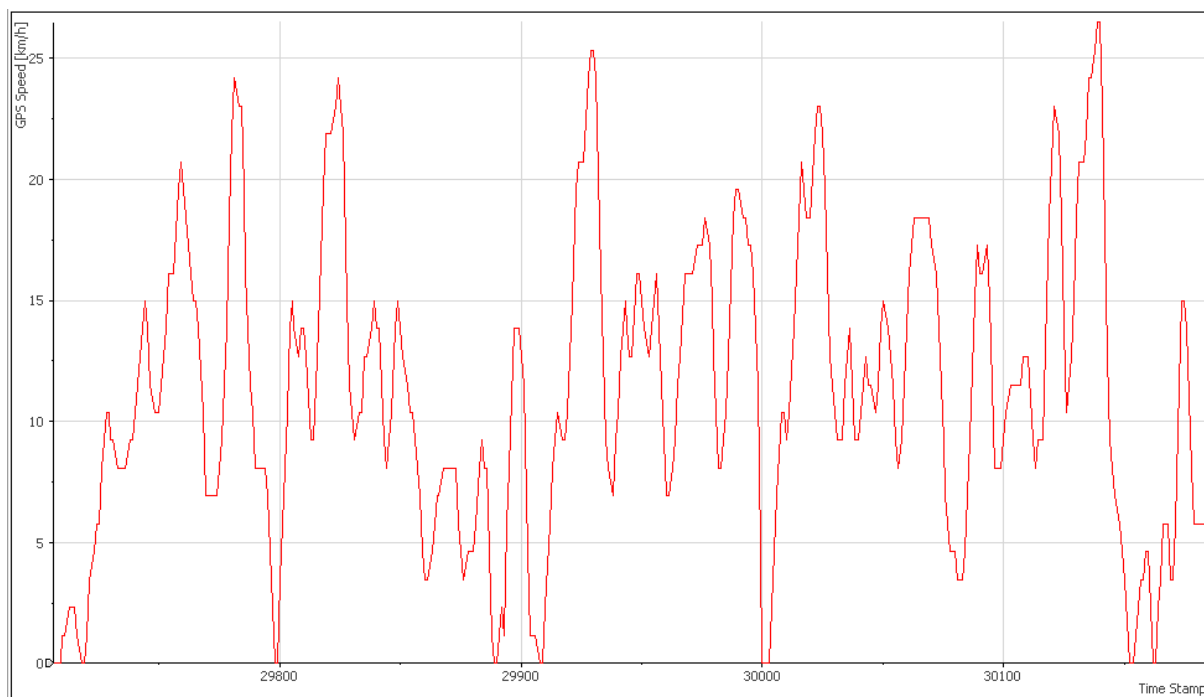
#### 4. Poloha škrticí klapky vztahená k času, který uplynul od startu motoru



*Obr. 54. Průběh polohy škrticí klapky*

### 9.3 Průběhy naměřených veličin s GPS modulu

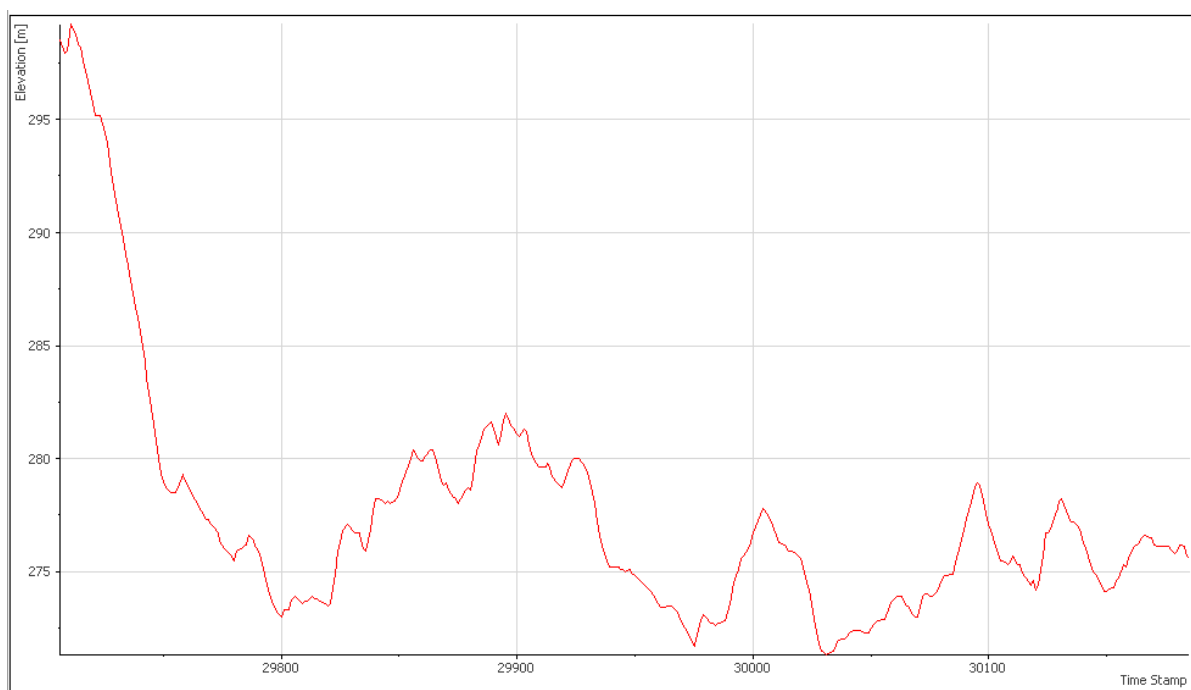
1. Rychlost automobilu podle GPS modulu vztažená k časové známce, která koresponduje s dobou testu



*Obr. 55. Rychlost vozidla získaná s GPS modulu*

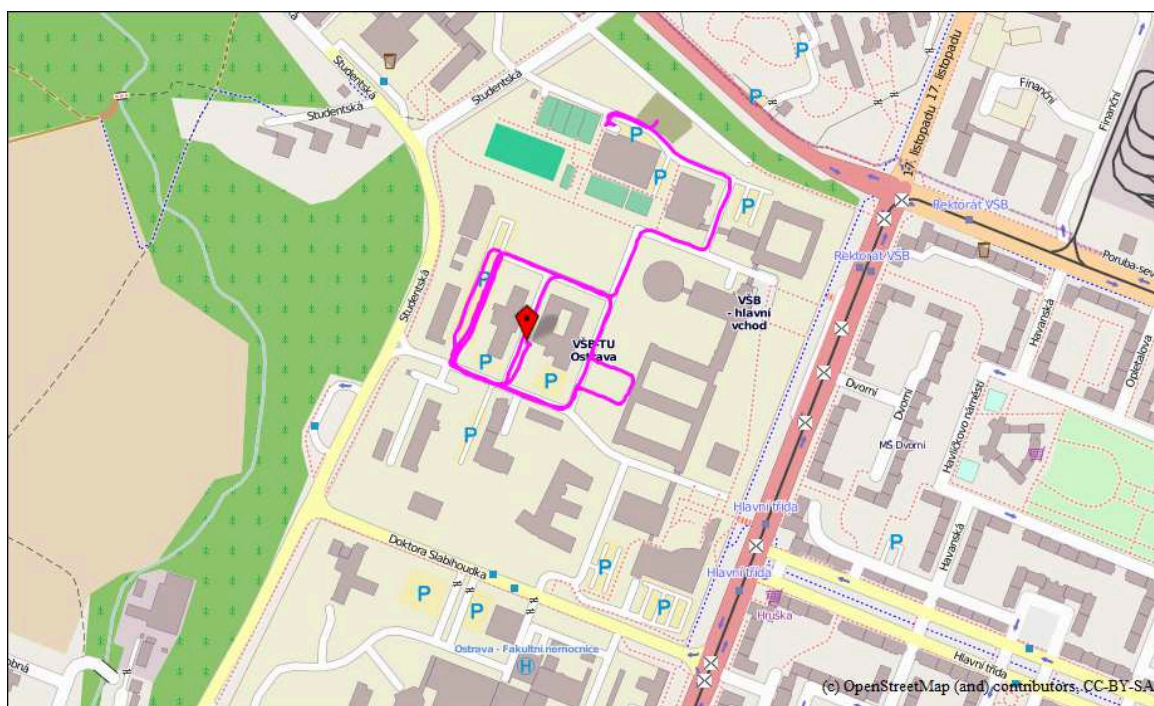
2. Elevace automobilu vztažená k časové známce, která koresponduje s dobou testu





*Obr. 56. Elevace vozidla během testování*

### 3. Testovací okruh



*Obr. 57. Testovací okruh (vyznačen barevně)*

Z průběhů veličin naměřených automobilem je patrné, že otáčky vozidla odpovídají jeho rychlosti. Poloha škrticí klapky koresponduje s příslušným řazením rychlostních stupňů vozidla. Teplota chladicí kapaliny vozidla postupně rostla se zvyšující se dobou jízdy. Množství paliva nebylo zobrazeno. Důvodem může být to, že senzor není připojen k ECU, nebo použité PID ze standardu SAE nevyhovuje senzoru použitému ve voze Hyundai ix35.

Hodnota rychlosti GPS úplně přesně neodpovídá změřené automobilem což je způsobeno nepřesností GPS modulu. Pozice získaná pomocí GPS koresponduje s reálným testovacím okruhem, GPS souřadnice jsou poměrně přesné.

## 10. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout a realizovat systém pro sběr a ukládání dat z jednotlivých agregátů automobilu a GPS modulu.

Řešení je rozděleno do dílčích kroků, které vedou k získání dat z osobního automobilu, GPS modulu a jejich následného uložení a následné analýzy naměřených dat.

Systém byl testován na osobním automobilu Hyundai ix35. Při testu se podařilo změřit a uložit všechny měřené údaje až na procentuální množství paliva, které v automobilu zbývá. To může být zapříčiněno tím, že PID pro tuto funkci není obsaženo ve standardu SAE a výrobce si ho udává sám. Tento údaj není veřejný, tzn., že tento údaj nepůjde přes použité PID zjistit.

Další možností je, že senzor není u tohoto konkrétního vozidla připojen k ECU.

Změřená rychlost s GPS modulu se mírně liší od rychlosti změřené automobilem, což je způsobeno nepřesností GPS modulu. Změřená elevace odpovídá nadmořské výšce v dané oblasti. Získané souřadnice testované jízdy poměrně přesné a kopírují testovací okruh.

V konečném důsledku se podařilo splnit všechny body zadání. Systém je stavěn tak, aby byl univerzální, nicméně toho nelze úplně dosáhnout, protože každý výrobce automobilů používá jiné senzory a tudíž i PID kódy, které nejsou veřejnosti přístupné.

Další postup by se mohl zabírat měřením veličin spojených s provozem elektromobilu. Ke komunikaci s elektromobilem je potřeba komunikační protokol CANopen. Díky tomuto protokolu se dají na sběrnici CAN sledovat veškeré zprávy, které automobil vysílá.

Celý systém by se dal řešit opět v LabVIEW, nicméně by bylo třeba zakoupit commnad set, který obsahuje protokol CANopen. V základní verzi LabVIEW se tento protokol nenachází.

Systém byl vytvořen v programovacím prostředí LabVIEW 2011 od společnosti National Instruments. Analýza naměřených dat byla provedena v prostředí DIAdem2012 také od společnosti National Instruments.

## Literatura:

- [1]VLČEK, Jiří. Snímače v motorových vozidlech. 2005. Dostupné z: [http://www.tzb-info.cz/download.py?file=docu/texty/0001/000102\\_cidla\\_snimace.pdf](http://www.tzb-info.cz/download.py?file=docu/texty/0001/000102_cidla_snimace.pdf)
- [2] POLÁK, Karel. Sběrnice CAN. [i]Elektrorevue[i][online]2003,21.[cit. 2011-04-05]. ISSN 1213-1539. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/03021/index.html>
- [3] RAPANT, P. [i]Družicové polohové systémy.[i] 1.vyd. Ostrava:VŠB-TU Ostrava, 2002. 200 s. ISBN 80-248-0124-8. Dostupné také z: <http://gis.vsb.cz/dokumenty/dns-gps/view>
- [4]GOODWIN, Antuan. CNET AUSTRALIA. Whatis OBD-II? [online]. 2010 [cit. 2013-01-19]. Dostupné z: <http://www.cnet.com.au/what-is-obd-ii-339302529.htm>
- [5]OBD-II PIDs. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 15.12.2012 [cit. 2013-01-20]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/OBDII\\_PIDs#Bitwise\\_encoded\\_PIDs](http://en.wikipedia.org/wiki/OBDII_PIDs#Bitwise_encoded_PIDs)
- [6]NATIONAL INSTRUMENTS. NI 9862 1-PortHigh-Speed NI-XNET CAN C Series Module [online]. 2012 [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/cs/nid/209347>
- [7]NATIONAL INSTRUMENTS. OPERATING INSTRUCTIONS NI 9862 1-Port, High-Speed CAN Module. Austin, Texas, USA, 2010-2011. Dostupné z: <http://www.ni.com/pdf/manuals/373243c.pdf>
- [8] NATIONAL INSTRUMENTS. CAN Breakout Box 14-Port Breakout Box withPower and Termination[online].2012[cit.2013-04-11].Dostupné z: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/cs/nid/206912>
- [9] BU-353 User'sGuide : Geo Target [online]. USGlobalSat INCORPORATED, c2013 [cit. 2013-17-04]. Uživatelský manuál. Dostupný z WWW: <http://www.usglobalsat.com/p-62-bu-353-w.aspx>
- [10]PECHA, Michal. Systém sběru dat z palubní sběrnice vozidla [online]. Brno, 2009 [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/handle/11012/1008>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [11]NMEA Reference Manual. San Jose, 2005. Dostupné z: <https://www.sparkfun.com/datasheets/GPS/NMEA%20Reference%20Manual1.pdf>
- [12]ŽÍDEK, Jan. VŠB-TU OSTRAVA. Softwarové nástroje managementu naměřených dat. Ostrava, 2008.
- [13]Galileo (satellitenavigation). In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): WikimediaFoundation, 2001-, 15.4.2013 [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_\(satellite\\_navigation\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_(satellite_navigation))
- [14]OBD II kabel K/L ISO, kompatibilní s VAG-COM. OBD II kabel K/L ISO, kompatibilní s VAG-COM - MOTORDIAG autodiagnostika, VAG-COM , OBD , KWP2000 , OBD2 , CAN BUS diagnostika [online]. 2007 [cit. 2013-05-03]. Dostupné z: <http://www.motorddiag.cz/motorddiag/produkty/detail.php?p=../10kabely/040>

### Seznam příloh:

Příloha I	Zdrojový kód algoritmu hlavní struktury programu vytvořený v LabVIEW
Příloha II	Zdrojový kód algoritmu konfigurace CAN modulu a ECU jednotky vytvořený v LabVIEW
Příloha III	Zdrojový kód algoritmu kontroly o jakou OBD jednotku se jedná vytvořený v LabVIEW
Příloha IV	Zdrojový kód algoritmu měření jednotlivých veličin v automobilu vytvořený v LabVIEW
Příloha V	Zdrojový kód algoritmu ukládání dat do TDMS souboru vytvořený v LabVIEW
Příloha VI	Zdrojový kód algoritmu sběru dat s GPS modulu vytvořený v LabVIEW
Příloha VII	Datasheet k Automotive Diagnostic Command setu (372139a.pdf)
Příloha VIII	Datasheet CAN modulu NI-9862 (373243c.pdf)
Příloha IX	Naměřená data z testovací jízdy (29_4_2013.tdms a 29_4_2013.tdms_index)
Příloha X	Celková struktura aplikace (Structure.pdf)

Veškeré přílohy jsou dodány elektronické podobě na CD